
المركز القومى للترجمة
المشروع القومى للترجمة
منظومتنا الشمسية وموضعها من الكون
المصير.. أو الصدفة
تأليف: ستيوارت روس تايلور
ترجمة وتقديم: عاطف يوسف محمود
1597


مكتبة سور الازبكية
تليجرام
s://t.me/kotokha
@KOTOKHATAB

منظومتنا الشمسية وموضعها من الكون

المصير ... أو الصدفة



المركز القومى للترجمة
إشراف : جابر عصفور

- العدد : 1597
- منظومتنا الشمسية وموضعها من الكون ، المصير أو الصدفة
- ستيورات روس تايلور
- عاطف يوسف محمود
- الطبعة الأولى 2010

هذه ترجمة كتاب :

Destiny or Chance

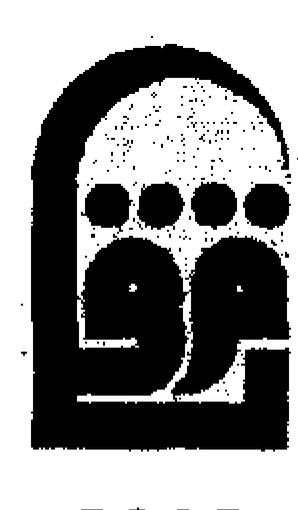
By Stuart Ross Taylor

Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge

شارع الجبلاية بالأوبرا – الجزيرة – القاهرة . ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ – ٢٧٣٥٤٥٢٦ فاكس: ٢٧٣٥٤٥٥٤
El-Gabalaya St., Opera House, El-Gezira, Cairo
e.mail:egyptcouncil@yahoo.com Tel.: 27354524 - 27354526 Fax: 27354554

منظومتنا الشمسية وموضعها من الكون
المصير... أو الصدفة

تأليـف : ستيوارت روس تايلور
ترجمة وتقديم : عاطف يوسف محمود



2010

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية

تايلور، ستيوارت روس.
منظومتنا الشمسية وموضعها من الكون المصير ... أو الصدفة /
تأليف : ستيوارت روس تايلور ، ترجمة وتقديم : عاطف يوسف محمود .
ط١ ، القاهرة : المركز القومي للترجمة ، ٢٠١٠
٣٨٠ ص ، ٢٤ سم
١ - الفلك .
(أ) محمود ، عاطف يوسف (مترجم ومقدم)
(ب) العنوان ٥٢٠

رقم الإيداع ٢٠١٠/٥٣٨٣
الترقيم الدولى 978-977-479-959-9
طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

إن واحدا من أكثر التساؤلات تشويقاً ونبلاً فى الطبيعة هو:

هل هناك عالم مفرد .. أم عوالم متعددة، يا له من تساؤل يتوق العقل البشرى إلى استيعابه ، وما أجدرنا بأن نحاول استكشافه !

ألبرتوس ماجنوس ١٢٠٠ - ١٢٨٠م

المحتويات

١-٤ بناء الكواكب :

٢-١ العملاقان الغازيان الأصفر والبرتقالى :

مقدمة المترجم

يربط تاريخ العلم بين نتائج عديدة متراكمة من أنواع المعرفة المتعلقة بالعالم الطبيعي، وهو فى هذا يشبه - إلى حد بعيد - علم تاريخ الحضارة الذى يعنى بالآثار الثابتة التى أنشأها الإنسان. ولا يغيب عن الخاطر أن نمو المعرفة العلمية يتفتح يوما بعد يوم فى تسلسل تاريخى، ولكل اكتشاف وكل تطور مكانه الزمنى، ويرجع أغلب الفضل فى بروز أهميته - إن لم يكن لنشوئه أصلا - إلى ما سبقه من اكتشافات. وفى خلال هذا النمو التاريخى تحلّ - بطبيعة الحال - فترات نشاط زائد تتوالى فيها الاكتشافات وتستغل إلى أقصى حد، كما تمر فترات خمول نسبى أمضاها العالم فى تنسيق ما جناه من مكاسب. وبهذا المعنى يمكن اعتبار العلم المحاولة الدائبة المتكاملة من الإنسان لفهم طبيعة العالم.

وقد أحدث العلم فى مطلع العصور الحديثة ثورة عارمة فى التفكير المنطقى القويم، وذلك بإحلال التجربة العلمية محل الشعوذة والخرافات التى كانت تكتنف نواحى الفكر وتسدل عليه ستارا كثيفا من الغموض والإبهام تحت مختلف المسميات الخادعة. وقد اتفق المؤرخون على أن مولد العلم الحديث قد بدأ عندما هاجم كبلر وجاليليو ونيوتن الخرافة السائدة فى العصور الأولى بأن "القوانين التى تحكم الأجرام السماوية تتسم بالحكمة والتعقل، أما تلك التى تحكم الظواهر الأرضية فتتصف بالتخبط والمجون، فكانوا أول من نادى بأن القوانين التى تحكم الأجرام السماوية هى نفسها التى تحكم كل ما يحدث على الأرض.

وللوهلة الأولى يلوح أن الفلكي هو أقل العلماء من حيث وسائل دراسة علمه. فهو لا يستطيع أن يجرى التجارب على الكون. ومما له دلالة من التعبيرات المستخدمة أننا نصف البحوث التى يقوم بها العلماء فى العلوم الأخرى بأنها (تجارب)، بينما نصف بحوث علماء الفلك بأنها (أرصاد). وليس بمقدور الفلكى أن يتجول فى الكون ليفحص بالتفصيل شيئا فى الفضاء قد يكون موضع اهتمامه، كما يستطيع ذلك المشتغلون بالعلوم الأخرى، كل فى مجال بحثه، ولا يستطيع أن يشرّح النجوم إلى شرائح صغيرة ليرى كيف تعمل، وهى الطريقة التى يتبعها علماء الطبيعة، وهم أشد العلماء مراسا. ويجد الفلكيون أنفسهم مضطرين لقبول دور ثانوى نسبيا، وليس بوسعهم أن يغيروا الضوء الذى يلج مناظيرهم الفلكية، رغم أنهم يستطيعون أن يصنعوا مناظير أكبر تتلقى مزيدا من الضوء ويستطيعون أن يستخدموا وسائل أجدى لتحليل الضوء. ومع ذلك فإن لدى الفلكى ميزة تكاد تكون ساحقة، وهى الوفرة الهائلة للأشياء التى بوسعه أن يرصدها. فالكون من الاتساع، والأزمنة التى يتناولها علم الفلك من الامتداد، بحيث إن أى نوع من العمليات الفلكية لا بد أن يكون حادثا الآن فى مكان ما. وليست مشكلة الفلكى فى قلة المعلومات بل فى وفرتها المربكة، وغالبا ما تكون المسألة التى يواجهها هو كيفية الاستخلاص، لا التجميع، إذ عليه أن يقرر من بين التفاصيل المتناهية الغزارة أيها المهم وأيها الأقل أهمية. فالمعلومات شديدة التشابك والتركيب، ولم توضع النظريات الفلكية التى استمدت أسلحتها مباشرة من علوم الطبيعة والكيمياء وديناميكا الغازات، وبدرجة أقل من علوم أخرى عديدة، إلا للانتفاع بها فى حل هذا التشابك المعقد.

ومؤلف هذا الكتاب، عالم مرموق فى علم الكواكب يروى لنا فى الكتاب تلك القصة المشوقة: كيف ولدت منظومتنا الشمسية، ويقودنا فى جولة ممتعة هائلة الاتساع نحو فهم جديد لكوكب الأرض وجيرانه من الكواكب الأخرى، بل والمنظومات الكواكبية

الأخرى. فيبدأ باستعراض موضع المنظومة الشمسية من الكون وتدرج تاريخ مفهوم الإنسان لها، متطرقا إلى الأمور الطريفة من حدود الكون وعمره والنظريات حول نشأته، ثم ينتقل إلى الحديث عن الشمس وتصنيفها بين النجوم وتكوينها، ومن ثم يتناول كواكب المنظومة الشمسية وأقمارها وحلقاتها والأجرام الفضائية الأخرى من مذنبات ونيازك بتفصيل مثير، ويفرد أبوابا منفصلة للموضوعات ذات الأهمية الخاصة عن المريخ والأرض والزهرة، منوها بما يمثله عطارد وقمرنا الأرضي من حالات خاصة، منتهيا – بعد طول تمحيص – إلى مجموعة من العلل والنتائج، متسائلا: هل هناك من تفسير مقبول – من الناحية الطبيعية – لنشأة المنظومة الشمسية؟ ولماذا يتعين علينا أن نتأمل الطبيعة؟ وما الجدوى من وصف كل تلك التفصيلات التي لا تُحصى للكواكب وتوابعها وحلقاتها والمذنبات والكويكبات التي تتكون منها منظومتنا الفريدة؟ وهل هو مجرد استراق للنظر إلى أرض العجائب في الطبيعة؟ أم أن الهدف هو الانتهاء إلى خلاصة شافية عن موضعنا الراهن من الكون ومحاولة استيعاب الكيفية التي بلغنا بها هذا الموضع؟ وهو في تساؤلاته تلك يركز تركيزا هائلا على دور الصدفة والعشوائية التي تتصف بها – نوعا ما – مجموعتنا الشمسية، التي تتسم بتميز فريد. وهو يخالف في هذا وجهة النظر التي تنادي بعدم المغالاة في تقدير دور الصدفة كلما تعذر علينا فهم شيء ما وأن ما يقع بالكون من أنظمة المجرات المترامية الكبرى والآخذة في التمدد إلى أشد الكواكب السيارة تواضعا، إنما يخضع إلى سلسلة قوية من العلة والمعلول، ونتائج حتمية للقوانين الطبيعية.

أما الكاتب فيخلص إلى أن إمكانية وجود نسخ مماثلة من منظومتنا الشمسية، أو من أرضنا بكل ما فيها من تفصيلات طبيعية خلابة، مستبعدة الحدوث، وأنه ما من نظرية عامة لنشوء الكواكب.

والكتاب زاخر بالنظريات الحديثة والآراء الأصيلة، ولكن ليس معنى هذا أنه قد أدلى بالكلمة الأخيرة فى علم الفلك، فقد يؤدى تراكم المعلومات المستحدثة إلى تعديل فى بعض تلك النظريات، بل قد توضع بدلا منها نظريات أخرى، وهو أمر مألوف فى تاريخ العلم. ومن هذا الاختلاف فى الآراء، المبنى على أسس علمية، تتبلور آراء جديدة تخطو بالعلم خطوات حثيثة إلى الأمام.

د.م. عاطف يوسف محمود

تمهيد

لقد أُلِّف – عبر العقود الثلاثة المنصرمة – الكثير جدا من الكتب التى تتناول استكشافات المنظومة الشمسية، حتى ليتساءل المرء: أفى حاجة نحن إلى كتاب آخر؟ لقد حاولت فى هذا الكتاب أن أفسر المعلومات التى جدّت بعد هذه الاستكشافات من منظور عريض. أما ونحن نستوعب الآن تفاصيل منظومتنا الشمسية، فمن الإنصاف أن يعيد المرء طرح ذلك السؤال القديم: أمن المحتمل أن تتواجد مثل هذه المنظومات من الكواكب والأقمار، والكويكبات، والمذنبات وبقية الأجرام فيما حول النجوم الأخرى التى لا يحيط بها حصر؟ وإذا كانت المنظومة الكوكبية شائعة ومنتشرة فإن السؤال يتحول ليصبح ما إذا كانت هناك نسخ مماثلة لكواكبنا! ويكمن فى الخلفية التوقع بأن شيئا ما شبيها بالأرض، بكل ما تحمله من صنوف متباينة من السكان، محتمل الوجود. وإننى لألتمس العذر –فى تأليفى كتابا إضافيا عن المنظومة الشمسية – فى تمحيص مثل هذا السؤال.

لقد ألفت هذا الكتاب استجابة لاقتراحات جمة وتشجيع حماسى من أصدقاء لى. ولقد اكتشفت – ولكن فقط بعد أن قطعت على نفسى لهم عهودا عدة – كم هو يسير أن تكتب عن العلم للمتخصصين، وكم هو عسير أن تشرح معطياته الحديثة لغيرهم، حتى من العلماء خارج دائرة هذا التخصص. ومثل هذا الطريق لا يخلو من مخاطر خاصة به. فقد يهرب الإنسان من الأحراش ومجاهل المصطلحات التخصصية ليلفى نفسه غارقا فى أوحال المصطلحات المبتذلة.

والكتاب لا يتبع النظام المعتاد فيمضى عبر المنظومة الشمسية مبتدئا بعطارد، فى روتينية فاترة حتى يبلغ الكواكب الخارجية العملاقة، ولكنى بدلا من ذلك قد اتبعت نسقا غير تقليدى، نبع بصورة طبيعية ، إذ اجتهدت أن أفسر كيف برزت المنظومة للوجود ، وكيف اتفق للأجرام المختلفة أن تتواجد فى مواضعها حيث هى الآن. ولقد قسم الكتاب إلى ستة أبواب. ونتيجة لذلك فكثير من الموضوعات التى ربط بينها قد تلوح للبعض، وللوهلة الأولى غريبة، فالمريخ يجد نفسه مرتبطا بالكويكبات، وعطارد يرتبط بالقمر. وإنى لآمل أن تتضح العلة للقارئ وراء ذلك مع اطراد مطالعته للكتاب. كما أننى قد ضمنت مجموعة قليلة مختارة من الصور الممتازة والمتاحة على نطاق واسع للكواكب والأقمار كى أجسد نقاطا بعينها خلال المناقشة. وكما هو العهد مع الكتب العلمية تمت بطبيعة الحال الإشارة إلى المراجع والمصادر التى استعملتها. وقد جربت هنا مدخلا ومعالجة مختلفة، فقد جاءت إشارتى فى أسلوب بحث أو مقال مع إعطاء القليل من المراجع الرسمية.

على كل حال، ولكى أؤكد مجددا للقراء على أن ما كتبته يتكئ على حقائق راسخة الأركان، فأنوه بأن عملى هذا مستقى من كتاب: "منظور جديد لتطور المنظومة الشمسية: "Solar system Evolution: Anew perspective" وهو الكتاب الذى نشرته جامعة كامبريدج عام ١٩٩٢ والذى يحتوى على ما يربو على ١١٥٠ استدلالا من المواد المنشورة. وللقراء ممن يولعون بموضوع ما - ولنقل النيازك - ويودون تعقب هذا الموضوع إلى تفصيلات أوسع، أن يرجعوا إلى كتابى الأسبق، وسيقودهم ذلك إلى مادة علمية غريزة فى تنويعه من رءوس الموضوعات (فسيجدون أكثر من ٢٤٠ مرجعا فى موضوع النيازك، وأكثر من ١٧٠ مرجعا فى ارتطامات النيازك، والكويكبات والمذنبات).

وأنا ألفت انتباه المشغوفين باقتفاء أثر المراجع حتى الوصول إلى ذلك العمل، وكذلك إلى سلسلة الكتب عن المجموعة الشمسية التى نشرتها جامعة أريزونا، والتى يمتاز من بينها ما يلي على نحو خاص مما له صلة بكتابى هذا:

- الكويكبات (الجزء الثانى) (لأربى بينزل وآخرين) ١٩٨٩ .
- مخاطر المذنبات والكويكبات (ت.جيريلز) ١٩٩٤ .
- المريخ (هـ.هـ. كيفر وآخرون) ١٩٩٢ .
- النيازك والمنظومة الشمسية الباكرة (ج.ف. كيريدج، م.س. ماثيوز) ١٩٩٨ .
- النجوم الأولية والكواكب (الجزء الثالث) (أ.هـ. ليفى، ج.أ. لونين) ١٩٩٣ .
- الأقمار التوابع (ج.أ. بورنز، م. س. ماثيوز) ١٩٨٦ .

ولقد تم إدراج المصادر التى استقيت منها الأجزاء والتعليقات المقتبسة وأشير إليها فى النص بترقيمات (على سبيل المثال (٨)) وضمنت - طبقا لفصول الكتاب - كملحق فى نهايته. وهناك بضع نقاط فنية يجدر الإشارة إليها: إن التعامل مع الزمن والمسافات فيما يخص المنظومة الشمسية يتسم بصعوبة خاصة، فكلاهما يمتد إلى آفاق تتخطى للغاية ما نعهده فى ممارساتنا اليومية المعتادة. ولقد تمثل الإسهام العظيم لعلم الجيولوجيا فى الفلسفة فى إرساء مفهوم "ديمومة الزمن". ويشيع فى المراجع العلميـة التعليق على الحقب الزمنية المقدرة. بلايين السنين (والوجيزة بالمقياس الجيولوجى)، والحقب التى تقل عن بضعة ملايين من السنين يمكن فقط تناولها فى مناقشتنا هذه. وإنى لأتجنب ما اصطلح عليه العلم الحديث، من الإشارة إلى مرور بليون سنة بالجيجا سنة "gigayear" (أو حتى بالاختصار الأكثر ترويعا Ga) لأنه يهبط بهذه الحقبة المذهلة من الزمن إلى رتبة تافهة. إن أصل الكون يعود إلى نحو خمسة عشر بليون عام، ومرحلة تكون المنظومة الشمسية - وهى المعروفة لنا إلى حد ما بدقة

– أقل من ثلث هذا العمر. وقد ظهرت الحياة على هذا الكوكب قبل أكثر من ثلاثة بلايين عام.

والمفارقة أنه لم يمض سوى عشرة آلاف سنة منذ انتهى آخر العصور الجليدية وتراجع الثلج الذى كان يكسو معظم أوروبا وأمريكا الشمالية. وهكذا ينضغط كل سجلنا الحضارى فى آخر ستة آلاف سنة فحسب.

وعادة ما تُعطى المسافات فى المنظومة الشمسية بدلالة "الوحدة الفلكية"، وهى متوسط المسافة بين مركزى الشمس والأرض، وتبلغ حوالى ١٥٠ مليون كيلو متر. وتختصر هذه الوحدة النافعة بالرمز المختصر و.ف AU، وهو الرمز الذى سنتبعه فى ثنايا الكتاب (ويجب عدم الخلط بين هذا الرمز والرمز Au (الرمز الكيميائى لعنصر الذهب)، ولا بالرمز Å (الأنجستروم) وهى وحدة قياس أخرى نافعة (تضاهى حيز الذرة الواحدة).

وتمتد الكواكب إلى الخارج حتى مدار الكوكب نبتون أى حتى ٣٠ و.ف. والحافة الخارجية للمنظومة الشمسية هى تخوم سحابة ذات شكل كروى من المذنبات تمتد لنحو خمسين ألف و. ف. ويستغرق الضوء زهاء السنة ليذرع هذه المسافة ويصل لنا من تلك الأصقاع القصية. وهذه الأبعاد الهائلة تعد تافهة على مقياس الكونيات. وللتعامل مع تلك الأبعاد نلجأ إلى وحدة قياس أجلّ فائدة، وهى المسافة التى يقطعها الضوء فى العام والتى تعادل نحو ٦٣٠٠٠ و. ف. وهنا نذكر أن أقرب نجم للشمس يبعد عنها بنحو أربع سنوات ضوئية .

ومن أبرز الملامح المذهلة فى المنظومة الشمسية، وقوع جل أجرامها فى مستوى واحد ، وهو ما يحدده مدار الأرض حول الشمس ، ويطلق عليه أيضا الدائرة الظاهرية لمسار الشمس. ويشير ميل محور دوران الكواكب حول نفسها إلى مدى ميل هذه المحاور على هذا المستوى – لكل كوكب على حدة – فمحور دوران الأرض حول نفسها

يميل بزاوية تزيد قليلا على ٢٤ درجة، وهو ملمح يزودنا بتلك الفصول التى نعجب بها جميعا، طبقا لزيادة كمية ضوء الشمس التى يستقبلها كل من نصفى الكرة الشمالى والجنوبى أو قلتها .

وهناك اصطلاحان آخران حقيقان بالذكر فيما يتصل بمدارات أجرام المنظومة الشمسية، وهما ميل المدار واختلافه المركزى. فميل المدار هو الزاوية التى يصنعها مدار الكوكب ، أو الكويكب، أو المذنب أو أى جرم آخر، مع المستوى الذى تدور فيه الأرض حول الشمس. وفيما عدا عطارد تقع ميول مدارات الكواكب داخل نطاق درجات معدودة مع مستوى الدائرة الظاهرية لمسار الشمس. وبلوتو، الذى استبعد الآن وأخرج من فئة الكواكب، ذو مدار حول الشمس يميل بمقدار ١٧ درجة على ذلك المستوى. وهناك نظير آخر أصغر من بلوتو خارج حدود المنظومة الشمسية يبلغ ميل مداره أربعا وعشرين درجة، فى حين تميل مدارات كثير من المذنبات بزوايا أكبر .

ويشير الاختلاف المركزى إلى أى مدى ينحرف المدار عن هيئة الدائرة الهندسية المضبوطة ويصير بيضويا أو إهليلجيا. وقد أرسى كبلر قاعدة أن مدارات الكواكب تتخذ شكل الإهليلج (القطع الناقص)، وإن يكن انحرافها عن الشكل الدائرى ليس بالكبير حقيقة. ويزداد الانحراف خارج منظومتنا. والجرم المناظر لبلوتو الذى سبقت الإشارة إليه له مدار مفرط فى اختلافه المركزى، بحيث يتجاوز هذا الجرم بالكاد مدار نبتون فى أقصى دنوّ له من الشمس، بينما يصل فى أقصى بعد له عنها إلى ١٣٠ و. ف.

نقطة أخرى يتعين علىّ ذكرها فيما يتعلق بمقاييس درجة الحرارة . فبالإضافة إلى المقياسين المألوفين لنا: المئوى والفهرنهايتى، يشيع استعمال مقياس كلفن فى الأمور العلمية. والدرجة الواحدة على مقياس كلفن تناظر الدرجة الواحدة على المقياس

المئوى، وإن كان يرمز لها بالرمز ك K (والذى ينبغى ألا يختلط بالرمز K الدال على العدد ١٠٠٠) تمييزا له عن رمز الدرجة المئوية المعتادة(°) . ودرجة الصفر المطلق على مقياس كلفن هى درجة الحرارة التى تنعدم لديها كل حركة للجزيئات، وهى تعادل درجة ٢٧٣ تحت الصفر على التدريج المئوى (الذى تتحدد درجة الصفر عليه بنقطة تجمد الماء. ومن هنا فللتحويل من المقياس المئوى إلى مقياس كلفن، يضاف فقط +٢٧٣ للرقم . ويمثل سطح تريتون (القمر التابع لنبتون) واحدا من أشد المواضع برودة فى المنظومة الشمسية، فدرجة حرارة سطحه تساوى ٣٨ ك (أى على مقياس كلفن) وهو ما يناظر ٢٣٥ درجة تحت الصفر على التدريج المئوى.

وختاما فإن النسبة المئوية هى الوحدة المستعملة عادة فى الحديث عن مدى الوفرة فى العناصر الكيميائية، ومن الوحدات المستحبة الاستعمال كذلك عدد الأجزاء فى المليون (Parts per million أو اختصارا ppm). فنسبة الواحد فى المائة تعادل عشرة آلاف جزء فى المليون. ووحدة عدد الأجزاء فى كل مليون ppm تفيد أساسا لدى مقارنة مدى وفرة الآثار الضئيلة من العناصر، إذ إنها تمكن من استعمال أرقام صغيرة وتجنب الاضطرار لاستعمال (صف) من الأصفار الكثيرة قد يسهل من تسرب الخطأ فى تدوين الرقم. فعلى سبيل المثال، يشار إلى تركيز اليورانيوم فى قشرة الأرض اليابسة فى المعتاد برقم ٣ أجزاء فى المليون (وذلك بدلا من ٠٠٠٣و٠ فى المائة)، فى حين أن إجمالى كمية المياه فى الأرض تبلغ زهاء ٥٠٠ جزء من المليون، وهو رقم أسهل من ٠٥و٠ فى المائة.

وللوصول إلى مستوى أدق فى قياس الوفرة، يستخدم مؤشر عدد الأجزاء فى كل بليون جزء (Parts per billion) واختصاره ppb ويساوى واحدا من الألف من مؤشر عدد الأجزاء فى كل مليون جزء ppm، فمقدار عنصر الإيريديوم فى القشرة الأرضية هو فقط ١و٠ جزء فى كل بليون جزء. وعلى النقيض من ذلك تزيد وفرة هذا العنصر فى

النيازك عن هذا المقدار بخمسة آلاف ضعف إذ تبلغ خمسمائة جزء فى البليون جزء، أو نصف جزء فى المليون جزء. ونظرا لهذا الفارق الضخم فإن تركيز الإيريديوم فى القشرة الأرضية والبالغ ١٠ أجزاء فى البليون يزيد بمقدار المائة ضعف عن المتوسط، ويتخذ مؤشرا على رجوم النيازك التى تنهمر على الأرض. وأشهر الأمثلة هو ذلك الاصطدام بالكويكب الذى أباد الديناصورات على سطح الأرض. لقد ترك ذلك الحدث ما يعتبر بمثابة "بصمة إصبع" للإيريديوم يمكن قياسها على نطاق الأرض كلها.. من الدانيمارك حتى نيوزيلندا.

تنويه وإهداء

لقد كتب جزء كبير من هذا الكتاب حينما كنت محاضرا زائرا فى قسم الفيزياء النووية بمدرسة بحوث العلوم الفيزيائية بجامعة أستراليا الوطنية. كما كتبت أجزاء أخرى، عندما كنت أستاذا زائرا بمعهد الكيمياء الجيولوجية بجامعة فيينا، وعالما زائرا بمعهد ماكس بلانك للكيمياء فى ماينز بألمانيا. وإننى لممتنّ لكل هذه المؤسسات العلمية على كرم ضيافتها.

وفى عنقى دين عميق للعديد من زملائى العلماء نظرا لنصائحهم وتشجيعهم الذى امتدّ عبر سنوات عديدة فيما كنت أتأمل وأمحص المشاكل عن الأرض، والقمر، والمنظومة الشمسية وعن موضعنا فيما بين هذه العجائب. ويضيق مجال القائمة عن أن تضمهم جميعا هنا، وهى تبدأ بمدرسىّ بالمدرسة للغة الإنجليزية، وتنتهى بغالبية العلماء العاملين فى مجال مشاكل المنظومة الشمسية.

وأنا مدين بشكر خاص للدكتور كريستيان كوبيرل بمعهد الكيمياء الجيولوجية التابع لجامعة فيينا، الذى بذل كل جهده فى مراجعة المسودة الأولى لهذا الكتاب والذى أنقذنى من أخطاء متنوعة.

وقد قدم لى مراجع مجهول بمطبعة جامعة كمبريدج عدة مقترحات مثمرة، بما فى ذلك عنوان الكتاب الحالى. وأنا شاكر لكليمنتين كرايشيك الذى قام بتنفيذ الرسومات.

سجل تاريخي بأهم الأحداث الزمانية

منذ	الحدث
حوالى ١٥ بليون سنة.	الانفجار الأعظم: نشوء الكون الظاهر.
٤٥٦٦ مليون سنة.	أقدم النيازك عمرا (بداية المنظومة الشمسية).
حوالى ٤٥٠٠ مليون سنة.	تكون كوكب الأرض.
حوالى ٤٤٧٠ مليون سنة.	تكون القمر.
٤٤٤٠ مليون سنة.	تكون القشرة اليابسة على سطح القمر.
حوالى ٤٠٠٠ مليون سنة.	ظهور حياة بكتيرية على الأرض.
حوالى ١٨٠٠ مليون سنة.	ظهور الخلايا المركبة (المعقدة).
٥٥٠ مليون سنة.	بداية العصر الكامبرى وأول أحافير محتفظة بحالتها.
٢٥٠ مليون سنة.	انقراض هائل للحياة على الحدود بين العصرين البريامى والتيرياسى.
٦٥ مليون سنة.	الحد الفاصل ما بين العصرين الطابشيرى (الكريتاوى) والعصر الجيولوجي الثالث: انقراض الديناصورات وكائنات حية أخرى من جراء ارتطام كويكب بالأرض.
٢و٥ مليون سنة.	بداية العصر البليوستوسينى الجليدى.
حوالى ١٢٠٠٠٠ سنة.	بروز سلف الإنسان المعاصر Homo sapiens
حوالى ٢٥٠٠٠ سنة.	رسومات إنسان كهف كرومانيون.
١٥٠٠٠ سنة.	بداية تراجع صفائح الجليد.
١٢٠٠٠ سنة.	استئناس الكلب.
١٠٠٠٠ سنة.	بداية آخر فترة بينية ما بين أخر عصرين جليديين.
سنة ٤٠٠٠ ق.م	تأسيس المدينة السومرية (أور).
سنة ٣٠٠٠ ق.م	بناء هرم الجيزة الأكبر.
سنة ١٦٢٠ ق.م	ثورة بركانية فى (سانتوريني).

منذ	الحدث
سنة ٧٥٣ ق.م	إنشاء مدينة روما.
حوالى ٤٥٠ ق.م	اقتراح أناكساجوراس أن الشمس مكونة من الحديد.
حوالى ٤٣٠ ق.م	اقتراح ديموكريتس بأن المادة مكونة من ذرات.
سنة ٣٨٧ ق.م	أفلاطون يؤسس الأكاديمية بالقرب من أثينا.
سنة ٣٣٥ ق.م	أرسطو يؤسس الليسيوم فى أثينا.
سنة ٣٠٦ ق.م	أبيقور يؤسس مدرسته الفلسفية.
حوالى سنة ٢٦٠ ق.م	إيراتوسثينيس يحسب نصف قطر الأرض بدقة.
حوالى سنة ٢٥٠ ق.م	أريستارخوس من ساموس يطرح فكرة أن الشمس تقع فى مركز المنظومة الشمسية.
القرن الثانى ق.م	هيبارخوس يضع خريطته للنجوم.
بواكير القرن الأول ق.م	لوكريتوس يكتب "عن طبيعة الأشياء".
القرن الثانى الميلادى.	بطليموس يكتب "المجسطى".
٣٩١ ميلادية.	احتراق معبد سيرابيس المحتوى على مكتبة الإسكندرية.
حوالى ١٣٢٠ ميلادية.	ويليام من "أوكهام" يخرج مبدأه عن شفرة أوكهام.
١٣٦٤	إقامة الساعة العظيمة فى ستراسبورج.
١٥٤٣	كوبرنيكوس يطرح فكرته عن توسط الشمس للمنظومة الشمسية.
١٥٩٧	تيخوبراهى يغادر الدانيمارك إلى براج.
١٦٠٠	يوهانزكبلر يصل إلى براج.
١٦٠٩	جاليليو جاليلى ينجز أول أرصاد فلكية بمرقابه.
١٦١١	التاريخ الذى يحدد نشأة الأرض بعام ٤٠٠٠ ق.م والذى حسبه رئيس أساقفة "أشر" يظهر فى نسخة إنجيل الملك جيمس.
١٦٣٧	رينيه ديكارت ينشر مؤلفه Discourses an Methods

منذ	الحدث
١٦٨٢	إدموندهالي يشاهد المذنب الذى سمي باسمه.
١٦٨٧	اسحق نيوتن ينشر كتاب (المبادىء).
١٧٥٥	إيمانويل كانت ينشر "التاريخ الطبيعى العام ونظرية السماوات".
١٧٨١	هيرشيل يكتشف كوكب أورانوس.
١٧٩٦	بيير سيمون ماركيز دى لايلاس يكتب "منظومة العالم". وجوزيف هايدن يؤلف عمله الموسيقى "الخلق".
١٨٠١	اكتشاف أول كويكب "سيريز".
١٨٢٣	نشر مفارقة أولبيرز "لماذا تبدو السماء معتمة ليلا".
١٨٤٦	اكتشاف الكوكب نبتون.
١٨٥٩	نشر كتاب تشارلز داروين "أصل الأنوا ع".
١٩٢٩	إدوين هابل يعلن أن الكون آخذ فى التمدد.
١٩٦٩	أول هبوط للإنسان فوق سطح القمر.
١٩٧٤	المركبة مارينر ١٠ تلتقط صورا لعطارد.
١٩٧٦	رحلات فايكنج تهبط على سطح المريخ.
١٩٧٧	إطلاق رحلات مركبات فيويدجر إلى الكواكب الخارجية.
١٩٩٠	مركبة ماجلان تبدأ مسح كوكب الزهرة.
١٩٩٥	أول اكتشاف مؤكد لكواكب حول نجوم أخر.

الباب الأول

تهيئة خشبة المسرح

لقد استغرق اكتشافنا أين نحن من الكون .. وقتا طويلا. فكم استبدت الدهشة بالقبائل البدائية التى كانت تعيش فى وديان الأحراش القاصية، وهم يكتشفون كيف تمتد الأرض طويلا بعيداً أمام أفقهم المحدود، وكيف أنهم ليسوا الوحيدين الذين يقطنون الأرض. وقبل كوبرنيكوس(*)، اعتنق العالم المتمدين، وجهات نظر مشابهة. كان الاعتقاد السائد هو أن الأرض هى مركز الكون.

وعلى أية حال، فلقد بدأنا - بالتدريج - فى التحقق من أننا نعيش فى (حلبة) أضخم. فعندما تتطلع إلى أعلى للسماء فى الريف.. فى ليلة معتمة، سيجابهك ذلك الملمح الأعظم، حينما يأفل القمر، وهو ذلك الحزام المتألق من النجوم، التى يشار إليها بالطريق اللبنى(**) وهو التعبير الذى استعمله فى الأدب الإنجليزى لأول مرة جيوفرى تشوسر (١٣٤٢-١٤٠٠) Geoffrey Chaucer عام ١٣٨٤ .

(*) نيكولاس كوبرنيكوس (١٤٧٣-١٥٤٣): فلكى وعالم رياضيات بولندى إلى جانب كونه قانونيا وطبيبا وإداريا ودبلوماسيا وجنديا وأول من صاغ فى العصر الحديث نظرية مركزية الشمس ودوران الأرض فى فلكها فى كتابه (دوران الأجرام السماوية). (المترجم)

(**) الطريق اللبنى Milky way أو درب التبانة هو الاسم الذى يطلق على المجرة التى تنتمى إليها مجموعتنا الشمسية . (المترجم)

إن هذا النطاق البديع من النجوم المتناثرة عبر السماوات هو حافة قرص مجرتنا كما نطالعها من داخلها.

وعلى الرغم من وجود ذكر للطريق اللبنى فى معظم الأساطير، يبدو أن "كانت" Kant كان الوحيد الذى تحقق – قبل العصر الحديث – مما كنا نتطلع إليه. فمن مجرة قريبة، تبعد عنا بعدة مئات الآلاف من السنين الضوئية. يمكن أن تتكشف كل روعة التكوين الحلزونى البديع لمجرتنا والذى يبدو غامضا من موقعنا الذى نرى منه فقط حافة المجرة. ولكن حتى هذه المنظومة الحلزونية الهائلة، هى مجرد ذريرة ضئيلة من الكون. إن كل مرقاب (تلسكوب) أحدث يكشف النقاب عن كون يجلّ عما قد استوعبته تخيلاتنا. وكمجموعة من الرحالة ضلوا سبيلهم فى أرض خراب يباب مترامية الأطراف ها نحن أولاء، نعكف – يائسين – على البحث عن علامات تبث فينا الأمل فى أننا لسنا وحدنا. لقد بدأنا الآن فى اكتشاف كواكب تدور حول أنجم قريبة منا. كذلك .. هنالك ذلك الاحتمال البعيد بأن مرحلة مبكرة من الحياة قد بدأت على المريخ. ولقد أضاف كل من هذين الكشفين أملا جديدا نحو تلك الإمكانية: أننا لسنا وحدنا، ضائعين فى فضاءات تجل عن مداركنا وتمتد إلى أجواز أبعد وأبعد مع كل كشف جديد.

فى ذات الوقت تطور لدينا –خلال العقود الثلاثة الأخيرة من اكتشافات الفضاء – فهم جديد للمنظومة الشمسية، وموضع الأرض فيها .. بتنا نعرف قدرا أكثر عن الكواكب، كيف تكونت وكيف تطورت، ويمكننا هذا من أن ننظر نظرة أخرى إلى تلك الخاطرة: "هل هو عالم واحد أم عوالم متعددة؟" أهو من السهل أم من الصعب أن تكون هناك "نسخ" أخرى من منظومتنا الشمسية، أو من (أرض) أخرى، كاملة بكل "حمولتها" المثيرة من القطّان! هل الكواكب بكل سكانها من الرجال (أو النساء) الخضر(*) صالحة للسكنى ... متاحة وواسعة الانتشار فى أماكن أخرى؟ علينا – كى

(*) الرجال الخضر Men in green اصطلاح يعبر عن تصورنا للكائنات من خارج نطاق كوكبنا، ككائنات ضئيلة تشبه البشر ذات بشرة خضراء وما يشبه الهوائى فوق رءوسها. (المترجم)

نواجه هذه المشكلة - بتمحيص ما قد اكتشفناه عن منظومتنا نحن من الكواكب. سأبدأ بفحص ما تصوره القدماء عن العالم الذى ألفوا أنفسهم يعيشون فيه، بينما أخذت الحضارة فى تؤدة تشب عن الطوق، فى أعقاب ذوبان طبقات العصر الجليدى الهائلة. لقد تشكلت أغلب أفكارنا الحالية إبان الازدهار العظيم للحضارة فى اليونان ثم فى روما. وفى أعقاب انهيار الإمبراطورية الرومانية، رانت ألف سنة من الجمود والتحجر الفكرى فى الغرب. ولكن علم الفلك بقى على قيد الحياة من خلال إنجازات علماء الأرصاد العرب. إن الكثير من ألمع نجوم السماء (كالدبران)(*) ما زالت تحمل أسماءها العربية. وقد قادت عودة الحياة إلى روح التعلم لأوربا، إلى الثورة الكوبرنيكية(**) فى القرن السادس عشر. وقد خلق هذا نظرة عالمية جديدة، ما زال الإنسان - المعتد بذاته - يحاول جاهدا أن يتوصل إلى إحكام قبضته عليها واستيعابها.

(*) الدبران Aldebaran أو ألفا الثور: نجم نير أحمر فى مجموعة الثور يطلع بعد الثريا ويبعد عن الشمس ٦٨ سنة ضوئية. (المترجم)

(**) يقصد بها الإقرار بأن الأرض مجرد كوكب عادى يدور حول الشمس وليست مركزا للكون خلافا للاعتقاد الذى كان وقتها سائدا. وكان أول من أحيا هذه الفكرة فى التاريخ الحديث هو العالم والفلكى البولندى نيكولاس كوبرنيكوس ،وسيرد ذكرها بالتفصيل فيما يلى من صفحات. (المترجم)

١ - ١ ما موضع المنظومة الشمسية من الكون

١-١-١ وجهات النظر ما قبل كوبرنيكوس

إن تلك الفكرة المريحة - والتى تبدو فى ظاهرها جمّة الوضوح، عن أن الأرض هى محور الكون، لم تعد بالفكرة التى تجتذب كثيرا من الاهتمام. ولا يعود ذلك فقط إلى أن هذه المعتقدات قد استبدلت بها المعتقدات النابعة من الثورة الكوبرنيكية، ولكن كذلك إلى أنه طبقا لهذا النموذج القديم فإن الأرض والشمس والكواكب قد ارتبطت بنشأة الكون. وفى خاتمة المطاف فإن الأرض أصغر سنا من بقية الكون، وأحدث عمرا من أن تحتل منه موضع المركز.

على كل حال، فإننا فى الوقت الراهن على بينة من أن عمر المنظومة الشمسية لا يزيد عن ثلث عمر ذلك الجزء من الكون الذى بوسعنا أن نرصده. ومن ثم فلم يعد من الضرورى - كما كان الحال مع مؤلفى سفر التكوين- البحث عن أصل مشترك للأرض، والقمر، والشمس، والنجوم. لقد أفضى إلى هذا التقدم اكتشاف حقائق جديدة - لا مجرد نظريات. فقد هيأت لنا أرصاد جاليليو - شأن بحوث داروين - الكثير كى تمنحنا نظرة صحيحة عن العالم، أكثر بكثير مما منحتنا قرون وقرون من التفكير المجرد.

لقد رصد الفلكيون البابليون واليونان تلك الحركة غير المألوفة للكواكب إزاء المواقع الثابتة للنجوم. وأصبحوا على هذا الأساس - على بينة من وجود (فئتين) من الأجرام السماوية، علاوة على الشمس والقمر. ولقد اشتق مصطلح كوكب **Planet** من كلمة يونانية تعنى "المتجول" أو "الجوّاب". ومما يثير الفضول أنه رغم أن قدامى الفلكيين قد

كرسوا الكثير من جهودهم لدراسة حركة الكواكب إلا أنهم لم ينفقوا الكثير من الوقت في التأمل في أصل المنظومة الشمسية،

ويبدو أن الكواكب لم تتميز لديهم كثيرا بوضوح عن الأجرام السماوية الأخرى، كما يبدو أن موضوع التساؤل عن أصل هذه الأجرام لم يكن من شأن الفلكيين، وإنما كان من شأن الفلاسفة. ولم يكن هناك نقص ... لا في عددهم، ولا في آرائهم.

على أية حال، فقد قبل بعض من علماء الفلك التحدى، من بينهم "أنكساجوراس" (من حوالى ٥٠٠-٤٢٨ ق.م)، الذى اعتبر القمر مكونا من حجر، واعتقد أن الشمس كانت كتلة ساخنة لدرجة الاحمرار من الحديد.. كتلة ضخمة تزيد حجمًا عن إقليم البليبونيز، (الإقليم الجنوبى من بلاد اليونان الذى تضاهى مساحته مساحة صقلية).

وقد تأسست هذه الفكرة عن كون الشمس مكونة من حديد، على تأويل معقول له من المنطق ما يبرره فى ظل البرهان المتاح حينئذ. فقد هوى نيزك من الحديد نحو عام ٤٦٧ ق.م قرب ثراس Thrace القديمة، واستنبط أنكساجوراس أن هذا الزائر قد وفد من الشمس. لقد نُفى من أثينا لأن معتقداته عن مكونات الشمس والقمر اعتبرت محض هرطقه وتجديف، وإن ظل القليل من أعماله على قيد الحياة، صور فيها الأرض وهى تبدو بوضوح فى المركز من كون يتخذ شكلا أشبه بالدوامة، وبهذا فقد توقع نفس المعتقد الديكارتى فى القرن السادس عشر، مدللا على تلك البديهة التى تثبت أن القليل من الأفكار هى الأصيلة حقا.

إن ثالوث الفلاسفة اليونانيين العظام: سقراط وأفلاطون وأرسطو، الذين شكلت أفكارهم الأسس للحضارة الغربية، قد ركزوا اهتمامهم فى مسألة "العلة". لقد ميزوا بعناية - ما بين الأرض، بما يبدو جليا فيها من بعد عن الكمال، وبين السماوات التى عدوها سرمدية لا تتغير. وحسبهم أربعة عناصر تكفى لمكونات الأرض: التراب والهواء والنار والماء.

أما الأجرام السماوية .. فهى على النقيض من ذلك مكونة من بلورات متلألئة، من عنصر خامس كامل (الجوهر أو الخلاصة)(*) والقمر كان مكونا هو الآخر من هذا العنصر، والبقع القائمة التى بوسع المرء أن يتبينها بسهولة على سطح القمر إنما هى- فى معتقدهم- انعكاسات لصور جبال الأرض ومحيطاتها على مرآة القمر ذات الصفاء التام.

لقد سادت عقيدة سقراط (حوالى ٤٧٠-٣٩٩ ق.م) بكمال السماوات، على النقيض الواضح من نقصان الأرض. ولم يترك ذلك مجالا ما لأى تبديل أو تطوير، بل ثبط همم البحث والتقصى العلمى.

أما أفلاطون (حوالى ٤٢٨-٣٤٧ ق.م) فقد كرس جهوده فى تقصّى حركة الكواكب لا فى أصلها ووجودها، ولكنه افترض - على أية حال - أن الأرض متحركة. ووفقا لتصوره فقد افترض تحرك الأجرام السماوية عبر دوائر كاملة. فى حين مثل التجوال ذو الطابع الفوضوى للكواكب السيارة إزاء النجوم الثابتة مشكلة حقيقية لديه. لقد ظلت مشكلة كمال المسارات الدائرة للأجرام هاجسا يراود علماء الفلك حتى عصر متأخر، حتى حقبة كوبرنيكوس بعد ألف عام من ذلك، إلى أن حل كبلر(**) فى النهاية تلك التعويذة السحرية. لقد فكر أرسطو (٣٨٤-٣٢٢ ق.م) وهو الضلع الثالث فى هذا الثالوث، فكر هو الآخر فى سرمدية السماوات، تلك السرمدية التى لا تجعلها عرضة للإذعان لقوانين الأرض الفيزيائية، كما كان يعيها هو. وقد اقترنت نظرته بمفهوم العهد

(*) فى الفلسفة اليونانية القديمة يمثل هذا العنصر الكامل quintessence. نهاية كل شىء ووفقا لفلسفة العصور الوسطى يتخلل هذا العنصر الطبيعة كلها فى صورة (الأثير)، وهو العنصر المكون للأجرام السماوية أو هو جوهر الشىء فى صورته الصافية القصوى. (المترجم)

(**) جوهانز كبلر (١٥٧١-١٦٣٠) فلكى وفيزيائى ألمانى. اشتهر بوضعه ٣ قوانين تحكم حركة الأرض والكواكب تعرف بقوانين كبلر وسيتكرر ذكره تفصيلا فيما بعد . (المترجم)

القديم عن الرب الإله المدبر الحكيم الذى خطط كل الأمور لحياة البشر الميسرة، ومن ثم سادت هذه النظرة الثقافية الغربية عبر ألفى عام.

على أن وجهة نظر تجديدية تتناقض مع هذه النظرات قد طُرحت عن طريق أريستارخوس من ساموس Aristarchus of Samos الذى عاش حوالى عام ٢٥٠ ق.م. لقد وضع الشمس فى موقع المركز من المنظومة الشمسية، بينما ضم الأرض إلى سائر الكواكب، وتحقق من صغر حجم الأرض مقارنة بالشمس (كثير من الناس حتى يومنا هذا لم ينجزوا هذه الوثبة الفكرية).

ويبدو أن أريستارخوس كان أول شخص يطرح فكرة أن الأرض تدور حول نفسها، وتدور حول الشمس. لم تمت هذه الفكرة، ولكنها انزوت وقبعت حتى أعاد كوبرنيكوس إحياءها بعد أكثر من ألف عام. وكم كان موفقا أن يطلق اسم أريستارخوس على إحدى فوهات حفر القمر.

أما أبيقور Epicurus (٣٤١-٢٧٠ ق.م) - وهو ناقد حاد لنظريات أرسطو- فلم يكن يرى للسماوات أى وضع خاص أو متميز، مفترضا أن الأجرام السماوية قد تشكلت بتصادمات عشوائية بين الذرات، التى كان ديموكريتوس (نحو ٤٧٠- ٤٠٠ ق.م) قد طرح فكرة وجودها قبل ذلك بنحو مائة وخمسين عاما (بوسعنا الآن أن نصف أبيقور بالمادى). لقد رفضت المدرسة الأبيقورية فكرة تفسيرات الظواهر عن طريق القدرة السماوية، واعتقدت فى العلل الفيزيائية. ومن سوء الطالع أنها لم تشجع استقصاء الظواهر الطبيعية وبحثها، ومن ثم فلم يترتب عليها أى تقدم علمى، إذ إن الفلسفة الأبيقورية قد كرست اهتمامها فى مسألة "الحرية" "والسعادة"، وكانت تلك الفلسفة جد شائعة فى وقتها، وبقيت حية حتى القرن الرابع الميلادى قبل أن تتمكن المسيحية من دحرها. وتأتى لنا أفضل الصياغات لنظرة أبيقور الفيزيائية، عن طريق الشاعر والفيلسوف الرومانى لوكريتوس (٩٦؟ -٥٥ ق.م). ففى قصيدته المطولة (عن طبيعة الأشياء De rerum natura) اقتفى أثر العديد من أفكار أبيقور، مشايعًا لوجهة

النظر المادية، محاربا للأفكار الخرافية والخزعبلات. ومما يبعث على السرور أنه لم يكترث كثيرا بعلم التنجيم (الذى كان رائجا فى تلك الحقبة، كما هو شأنه فى يومنا هذا). ترى.. أى مسار كان سيتخذه تاريخ العالم لو قدر لأفكار أبيقور ولوكريتوس أن تتجذر وتتوطد أركانها بدلا من أفكار أرسطو!

ومن بين أولئك الذين يستحقون ذكرا وإشادة خاصة "إيراتوستثينيس" (٢٧٦-١٩٥؟ ق.م)، الذى صحت حساباته لنصف قطر الكرة الأرضية، ووقعت تقديراته لهذه المسألة الكلاسيكية فى نطاق لا يختلف عن القيمة التى توصل إليها العلم الحديث بأكثر من ١٪ تقريبا، وهو إنجاز تقنى خارق لم يرق له إنجاز آخر طيلة الألف وخمسمائة سنة التالية.

ولقد اشتهر بطليموس بنظريته عن المنظومة الشمسية، فقد حشد ملخصا لأفكار الفلكيين اليونان وبياناتهم فى كتابه المجسطى(*) Almagest ، الذى كان انتصارا لاستخدام حسابات الهندسة التحليلية فى تفهم المنظومة الشمسية. كان هذا العمل هو المرجع والعمدة فى مجال علم الفلك حتى نهايات العصور الوسطى، وبقى هو الذى يقدم التفسير المقبول لما يربو على الألف عام. ومثله مثل لوكريتوس، لا يعرف عن حياته إلا النزر اليسير، وهو أنه عاش فى القرن الميلادى الثانى. بيد أن علماء الفلك العرب التالين قد توفروا على دراسة أعمال بطليموس. ولا يُعرف تاريخا ميلاده ولا وفاته، وإن كانت المصادر العربية تشير إلى أنه عاش لثمانية وسبعين عاما.

وعلى الرغم من ذلك، وبرغم سمعته العظيمة، بقى بطليموس بمثابة الشبح الغامض. فليس من الواضح إلى أية درجة يمكن الاعتداد بقياساته، وبوجه خاص لأنه

(*) المجسطى هو أقدم كتاب معروف فى الفلك والرياضيات، ألفه العالم الإغريقى بطليموس بالإسكندرية باليونانية فى الأصل وترجمه إلى العربية حنين بن اسحق ومنها إلى اللاتينية ثم إلى بقية اللغات الأوربية. (المترجم)

كان يعمل فى خدمة دين الدولة، الذى كان مرتبطا بشدة بالتنجيم. ويبدو أنه كان يرتزق من أحكامه السيئة وأفكاره المغرضة، إذ أنه رفض كلا من فكرة أريستارخوس عن مركزية الشمس فى المنظومة الشمسية، وكذلك القيمة الصحيحة لحجم الأرض الذى توصل إليه إيراتوسثينيس. ولقد تسبب هذان القراران فى تقهقر المعرفة العلمية إلى الوراء على مدى ألف وخمسمائة سنة تالية. ولعل أبرز إنجازات بطليموس هو إنقاذه لفهرس "هيبارخوس" للنجوم.

لقد كان هيبارخوس أعظم علماء الفلك الراصدين القدماء، وتعود أعماله إلى القرن الثانى قبل الميلاد. وقد ضمت قائمة فهرسه ٨٥٠ نجما نسقها فى ست مجموعات وفقا لسطوعها الظاهرى، وهو ما يتمشى - بدرجة أو بأخرى - مع مفهومنا الحديث.

وكأسلافه اليونانيين، أحس بطليموس أن عدم كمال الأرض لا يخولها مكانا بين الأجرام السماوية (والتى كانت مكونة من بلورات متألقة - حسب معتقداتهم الكونية). ولا تزال أصداء هذا المفهوم الفلسفى تتردد حتى يومنا هذا، فى صورة ميل عامة الناس لاعتبار المناطق غير المعروفة أو القاصية البعد، متجانسة فى التركيب. وتشمل الأمثلة أعماق الأرض الداخلية، والسدم فى المنظومة الشمسية، وأصقاع الكون البعيدة، فكل هذه الأشياء يتم التفكير فيها حتى فى الأزمنة الحديثة كأجرام متجانسة، فى حين تنبذ المعارف الحديثة كل هذه الأساطير.

فى النظام الذى وضعه بطليموس احتلت الأرض مكان المركز، فى حين كانت الكواكب تتبع مسارات بالغة التعقيد، ورغم عيوبها من الناحية النظرية، حققت هذه المنظومة نجاحا عمليا، وظلت تستعمل حتى وقت متأخر من العصور الوسطى. على كل حال فقد استوعب الراصدون المتشككون طويلا المشاكل التى يسببها ذلك التصور، وكان أحد هؤلاء ألفونس العاشر (الحكيم) ملك كتالونيا (١٢٢١-١٢٨٤م) الذى كُرم واحتُفى بذكراه بإطلاق اسمه على واحدة من أكبر الفوهات على سطح القمر.

ويروى العالم الفرنسى لابلاس – الذى ظهر على مسرح الأحداث فيما بعد – عن ألفونس هذه القصة:

كان ألفونسو واحدا من أولئك الحكام العواهل العظام الذين عملوا على تشجيع إحيـاء علم الفلك فى أوروبا. ولا يستطيع العلم أن يحصى إلا القلائل من هؤلاء الغيورين الذين تحمسوا لحماية العلم، بيد أن الفلكيين الذين كان قد جمعهم –بتكلفة باهظة– قد خذلوه وثبطوا همته. ولم تتكافأ المصروفات الهائلة التى أنفقت، مع قيمة الجداول التى نشروها. ولما كان ذا حكم صائب، فقد صُدم ألفونسو إزاء فوضى المسارات الدائرية التى افترضوا تحرك الأجرام السماوية طبقا لها، وأحس أن الوسائل التى استخدموها ينبغى أن تكون – بطبيعة الحال – أكثر بساطة. فقال: "لو أن الإله سألنى النصيحة لأخبرته أن هذه الأجرام كان يجب أن تنظم بشكل أفضل".

وعلى الرغم من مثل هذه الآراء، كانت المعرفة العلمية فى أوروبا بحلول القرن الرابع عشر للميلاد أقل فى تقدمها عما كان لدى اليونان أو فى الإسكندرية فى القرنين الثانى والثالث للميلاد. ولم يزد مستوى رياضياتهم عما أنجزه البابليون منذ ألفى عام خلت.

١-١-٢ الثورة الكوبرنيكية :

يؤرخ للثورة الكوبرنيكية عادة بعام ١٥٤٣، وهو العام الذى نشر فيه عمل نيكولاس كوبرنيكوس (١٤٧٣-١٥٤٣) العظيم "عن دوران الكرات السماوية"، ويشاع أنه تسلم الكتاب فى ذات اليوم الذى توفى فيه. وقليل من المؤلفين الحديثين هم من يقوون على الانتظار مدة طويلة كهذه.

لقد وضع نموذج بطليموس الأرض فى موقع المركز من الكون، وهو ما كان جليا لكل شخص، ومتفقا مع اعتداد الإنسان المعاصر Homo sapiens(*) بذاته (سأستعمل دوما فى الكتاب هذا التعبير العلمى للدلالة على الكائنات البشرية، كى أتجنب استعمال التعبير الخاطىء سياسيا "النوع الإنسانى" أو بديله الصحيح -والكريه سياسيا - "النوع البشرى"). لقد كان واضحا، بعد كل شيء لأى راصد عابر أن الأرض مسطحة، وأن الشمس والقمر والكواكب والنجوم جميعها تدور حولها. فبمقدور كل طفل أن يستوعب نظرة العصور الوسطى هذه إلى الكون، ويتذكر المرء هنا الجدل الذى يجرى فى الوقت الراهن حول الإيمان بما يذكره سفر التكوين -حرفيا- عن بدء الخليقة، وهى وجهة نظر أخرى بسيطة عن العالم. والأكثر من ذلك فقد نجح تطبيق نموذج بطليموس (على تعقيداته) بما يكفى فى النواحى العملية، بما فى ذلك الملاحة البحرية، ولقد استخدمه كولومبوس، كما جرى احتواء مشاكله الطفيفة بإدخال تعديلات معقدة، أفضت إلى مصفوفات ومجموعات من أفلاك التدوير epicycles(**). وما إلى ذلك، بحيث تستوعب كل المنظومة الشمسية، وهو ما اعترض عليه ألفونسو.

على كل حال، فإن كوبرنيكوس قد وضع الشمس فى المركز. لماذا صنع هذا؟ لا يستطيع المرء - بعد مرور ٤٠٠ سنة، أن يتجاوز نطاق الحدس والتخمين. لعله نظر إلى نظام مركزية الشمس كنظام أكثر إقناعا - من الناحية العقلانية - من نظام بطليموس القائم على مركزية الأرض. ومن المثير للفضول أن كوبرنيكوس لم يشر إلى أفكار أريستارخورس الساموسى الذى طرح فكرة مركزية الشمس قبل ذلك بثمانية عشر قرنا.

(*) الإنسان المعاصر Homo sapiens: يقصد به السلف المباشر للسلالة البشرية المعاصرة على حين انقرضت السلالات الأخرى. (المترجم)

(**) فلك التدوير epicycles هو دائرة صغيرة - فى علم فلك بطليموس يتحرك مركزها على محيط دائرة أكبر مركزها الأرض ويحدد محيطها مسار الكوكب حول الأرض. (المترجم)

ويسجل دانييل بورستين (المولود عام ١٩١٤) فى كتابه (المكتشفون) (١٩٨٣) أن كوبرنيكوس "كان ذا قريحة مرحة هازلة فريدة، وخيال جامح"[٢] وأن دوافعه لصياغة نموذجه كانت "جمالية" أكثر منها علمية. بيد أن فكرته الجديدة هذه لم تبرز من فراغ، إلا بقدر ما كان من شأن نظرية داروين عن التطور. فإلى جانب ألفونسو كان هناك نماذج أخرى من مفكرى العصور الوسطى من أمثال نيكولاس (من كوزا) (١٤٠١-١٤٦٤)، وريجيو مونتانوس (١٤٣٦-١٤٧٦) ممن وضعوا أطراً عقلانية ترفض النظام القديم.

لم تخل منظومة كوبرنيكوس الجديدة من المشاكل الخاصة بها، وفى حقيقة الأمر فإنها لم تفلح - شأنها شأن منظومة بطليموس - فى بعض التطبيقات العملية، فقد أبقت على مدارات الكواكب كدوائر تامة الاستدارة. وعلى ذلك كان على كوبرنيكوس هو الآخر أن يفرط فى استعمال أفلاك التدوير بأكثر مما فعل بطليموس لكى يفسر حركات الكواكب.

ووفقا لذلك الاعتقاد فإن الكواكب - مثلها مثل راكبى الدراجات فى حركاتهم البهلوانية - كانت تدور فى دوائر أو أفلاك تدوير صغيرة فى أثناء تنقلها عبر مساراتها الدائرية. كانت أفلاك التدوير حلا واضحا لمشاكل العروات الظاهرية فى تحركات الكواكب كما تُرى من على سطح الأرض.

ويسهل رؤية ذلك بوضوح مع المريخ، الذى يتحرك - فى البداية - ببطء نحو الشرق بالنسبة للمجموعات النجمية، ثم لا يلبث أن يعكس اتجاه مساره الطبيعى وينتقل ناحية الغرب، قبل أن يستأنف ترحاله البطىء صوب الشرق بين النجوم (الثابتة). إننا ندرك الآن أن هذا الانعكاس فى الحركة والذى يثير الفضول، يرجع إلى حركة الأرض الدائرية نفسها على مدار ٣٦٥ يوما، والتى تسبق خلالها المريخ، الذى يستغرق دورانه حول الشمس دورة كاملة، ٦٨٧ يوما.

مضى وقت طويل بعد رحيل كوبرنيكوس قبل أن يتقبل جمهور الناس فكرة دوران الأرض حول الشمس. (وفي وقتنا الراهن تستغرق نظرية التطور الداروينية بالمثل بعض الوقت لكي تترسخ وتتوطد أركانها وتقبلها وجهة النظر العالمية). وكان من خطا الخطوة الرائعة نحو استيعاب المنظومة الشمسية هو تيخو براهي Tycho Brahe (١٥٤٦-١٦٠١)، أحد الشخصيات البارزة في علوم عصر النهضة. وتمثل إنجازه الرئيسي في القياس الدقيق لمواقع الكواكب، والتي كان رصدها يجري بالرؤية بالعين المجردة، فلم يكن التلسكوب (المرقاب) قد اخترع بعد.

كان مرصده قائما على جزيرة "هفين" القريبة التي يمكن الوصول لها من كوبنهاجن بالشراع. كان تيخو براهي مهتما بالمشاكل الناجمة عن نموذج بطليموس المعقد. حقيقة أنه صاغ نظاما تدور فيه الشمس والقمر حول الأرض، مثلما كان كل واحد يرى، إلا أن الكواكب لديه كانت تدور حول الشمس. وبهذه الطريقة كان يضع قدما في كلا المعسكرين (المتحاربين). وكان مثل هذا "التوفيق" في علم الكونيات شائعا، إذ توافق مع مشاهدات الجمهور العام وأرضى أذواقهم، كما لم يتعارض مع النصوص المقدسة. وقد بقيت تفرعات منه على قيد الحياة حتى وقت متأخر من القرن السابع عشر، ثم اختفت في النهاية بعدما استُوعبت جيدا حركة الكواكب.

كانت لدى تيخو مشاكل أخرى كان. قد فقد جزءًا من أنفه خلال مبارزة ما، ومن ثم فقد كان يرتدي - لدواع تجميلية - أنفًا من القصدير، كما جلب على نفسه العار في أنظار عائلته الأرستقراطية بزواجه من ابنة مزارع بسيط. وإجمالا، لم يكن محبوبا من سائر سكان الجزيرة، لدرجة أنهم هدموا مرصده، حينما فقد حظوته لدى العائلة الملكية(*)، وكان عليه أن ينتقل بكل أعماله وأرصاده إلى براج في ١٥٩٧ .

(*) وذلك عند موت راعيه الإمبراطور فريديك الثاني. (المترجم)

وهنا، لعبت الصدفة دورها. ففى هذا الوقت المواتى وصل لاجىء طريد آخر إلى براج عام ١٦٠٠، وهو جوهان كبلر (١٥٧١–١٦٣٠) الذى كان قد نفى من المدينة النمساوية البهيجة "جراتس"، ضحية اضطهاد الكاثوليك له. لقد أصبح مساعداً لتيخو، وخلفه كعالم رياضيات ينعم بحظوة الملك بعد وفاة تيخو الفجائية فى ١٦٠١ .

وهكذا فقد ورث كبلر تيخو، فأخذ (أو طبقا لتعبيره هو .. اغتصب) الصناديق التى احتوت على أرصاد تيخو التذكارية الهائلة. لقد كونت هذه البيانات الأساس فى اكتشافات كبلر الرئيسية، لقوانين حركة الكواكب. كانت مساهمة كبلر العظيمة متمثلة فى التخلص من معتقد ظل سائدا وحيا منذ أرسطو، وهو أن الكواكب تتبع مسارات دائرية. فقد اكتشف أن هذه المدارات إهليلجية (بيضوية) ومن ثم فقد انبرى للدفاع عن النظام الذى صاغه كوبرنيكوس.

على أية حال، ومثل كثير من العملاء الآخرين، كان كبلر معنيًا – بشكل رئيسى – بشئون أخرى، حتى لقد علق أحد المؤلفين بقوله: "إن النفائس الثلاث فى أعمال كبلر الفلكية تزخر بمجال واسع من الأخطاء، والبيانات غير ذات العلاقة، والتخيلات الغامضة، والتأمل غير ذى الجدوى[٢]" ومن الصعب تخيل المناخ العقلى الذى عاش فيه.. فقد اتهمت أمه بالشعوذة وقضى سنوات عديدة فى المنافحة عنها، ونجح فى خاتمة المطاف فى إنقاذها من المصير المروع الذى كان سيعقب إدانتها.

على الرغم من تشتت الفكر هذا، وبقدر كبير من العمل الشاق تمكن كبلر من توفيق وضع مسارات الكواكب كدوائر، تأسيسا على الأشكال الهندسية الخمسة المجسمة (الكاملة): وهى المكعب، والرباعى السطوح، والثمانى السطوح، وذو العشرين وجها، وذو الاثنى عشر وجها.

كانت هذه هى الأجسام المجسمة التى تحدها سطوح متماثلة، ومن ثم اعتبرت كاملة، وطالما فتنت الفلاسفة. لقد استخدم أفلاطون الأشكال الأربعة الأول منها

باعتبارها الأشكال الأساسية التى تمثل (العناصر) الأربعة: التربة، والهواء، والنار، والماء، فى حين اتُخِذ المجسم ذو الاثنى عشر وجها كنموذج للسماوات.

اعتبر كبلر أنه قد أجاب على سؤال أساسي: لماذا كان هناك ستة كواكب فقط بخمس مسافات بينية فيما بينها (طبقا لما كان معروفا فى ذلك الزمان)؟ كانت وجهة نظر كبلر أن هذا الحد الأعلى (الكونى) قد وُضع نظرا لمحدودية عدد المجسمات (الكاملة). على أية حال، وبناءً على قوانين كبلر نفسه اتضح أن للكواكب مسارات إهليلجية، لا دائرية، وهكذا حالت منظومته الهندسية التى أسهب فى تنسيقها، إلى حطام.

كانت الساعات، معلما بارزا فى ميادين المدن بأوروبا منذ القرن الميلادى الرابع عشر. ولقد زاد تعقيد تركيبها باتجاه صناعة الساعات نحو الكمال. احتوت هذه الساعات فى الغالب على نماذج فلكية، وكذلك على استعراضات دينية. كانت واحدة من أوائلها تبكيرا فى الظهور تلك التى ركبها ريتشارد من والنجفورد فى ١٣٢٠ فى سانت ألبانز بإنجلترا خلال حكم إدوارد الثالث. والساعة العظيمة بستراسبورج التى يعود تاريخها إلى ١٣٦٤ هى نموذج آخر شهير، إلى جانب ساعات ميدان أخرى فى مانتوا، وبادوا وبراج وفينيسيا. لقد قادت دقة هذه التحف الميكانيكية إلى تلك الفكرة التى تقول بأن الكون ما هو إلا نوع من صناعة عملاقة للساعات. والساعة المنضبطة لا يخلقها إلا صانع ماهر، ومن ثم فقد خلق الكون صانع ساعات ماهر.

وطالما أن المنظومة الشمسية قد بناها صانع ساعات ماهر، ذو قدرة خارقة، وطالما أن تلك المنظومة تجرى بانتظام، فهى ليست فى حاجة إلى مزيد من الاهتمام بها فيما بعد، بل ستبقى تعمل بذاتها وفقا لنواميس الفيزياء. وتعود هذه الأفكار للماضى.. لنيكولاس (من أوريسمه) (١٣٢٠؟-١٣٨٢) وهو أسقف (رجل دين مسيحى) كان يرى فى الرب صانع ساعات عبقريا. كان كبلر معضداً متحمسا لهذا الرأى، فطرح فكرة أن

المغناطيسية ربما كانت هى القوة المحركة لهذه الساعات السماوية، تماما كما تتحرك ساعات الأرض بتأثير الأثقال الساقطة.

ولقد ترابطت فكرة صناعة الساعات هذه مع الكتاب المقدس، ولقد حسب مطران (رئيس أساقفة) أيرلندى اسمه أوشر (١٥٨١-١٦٥٦) أن خلق العالم (الذى يشمل ضمنه الكون!) قد حصل فى عام ٤٠٠٤ قبل الميلاد، يوم الأحد الثالث والعشرين من أكتوبر فى الساعة التاسعة صباحا. ولقد استخلص هذا التاريخ الدقيق بعناية من السجلات التوراتية المتاحة - وإن صار مدعاة للتهكم عليه الآن-. ويمثل هذا التوقيت - فى جوهره - التاريخ المدون. فقد أسست أول مدينة (وهى مدينة أور) حوالى ذلك الوقت. وظل ذلك التأريخ للخلق مقبولا بصفة عامة فى وقته، بل إنه يدون حتى الآن فى كثير من طبعات الكتاب المقدس. إن ما يعنيه هذا التاريخ - لو كان صحيحا - هو أن الكون لم يكن لديه الوقت الكافى ليتطور، بل إن كل شىء قد تم خلقه من البداية وبقى على ما هو عليه حتى الآن بدرجة أو بأخرى.

لم تشبه الثورة الكوبرنيكية ثورات الأزمنة الأحدث، ولم يتغير إلا اليسير خلال الخمسين عاما التى تلت نشر كوبرنيكوس لمنظومته. ولم تثر أفكاره لا جمهور العامة ولا الكنيسة.كانت الحاجة ماسة إلى أرصاد حاسمة لترجح إحدى الكفتين: كوبرنيكوس أو بطليموس. ولقد جرى هذا -كما هى العادة - من خلال التقدم العلمى والتطور التكنولوجى. لقد اخترع هانزليبرشاى (وهو صانع عدسات هولندى) المرقاب (التلسكوب) عام ١٦٠٠ (بمحض الصدفة على ما يبدو). وعندما بلغت أنباء هذا الاختراع إيطاليا طلب سيناتو فينيسيا (مجلسها التشريعى) من جاليليوجاليلى (١٥٦٤-١٦٤٢) - وهو صانع أدوات قياس ماهر - أن يصنع واحدا. كان جاليليو نجلا لعازف عود ومؤلف موسيقى، غير أنه قرر ألا يقتفى أثر حياة أبيه العملية، وإننا لنحيا الآن فى ظل تداعيات هذا القرار. لم يكن فى نية دولة فينيسيا - بالطبع -

أن تقلب وجهة النظر المقبولة عن العالم آنذاك رأسا على عقب، بل كانت أغراضها أقرب إلى الدنيوية.

كان واضحا كم تفيد التلسكوبات إمبراطورية قامت على القوة البحرية. ويتذكر المرء هنا أن البحرية البريطانية لم ترسل السفينة بيجل -حاملة فوق متنها تشارلز داروين - لأنها رغبت فى أن تغير فكرتنا عن الطبيعة(*) أو تخلع سلطة النصوص المقدسة عن عرشها، وإنما كانت راغبة - فحسب - فى الحصول على خرائط أفضل لساحل أمريكا الجنوبية.

وأرصاد جاليليو مشهورة، أوضحت أن الطريق اللبنى مكون من نجوم، وبذلك ربما كان الكون لا نهائيا. ولم يعد القمر تلك المرآة الصقيلة، وإنما هو ذو سطح وعر، شأنه شأن الأرض، ولعله مكون هو الآخر من ذات المادة. وظهرت للزهرة أطوار مثلها مثل القمر، بما فى ذلك اكتمال صفحتها (مرحلة البدر).

لقد نبه ذلك جاليليو إلى أن الزهرة كانت تعبر خلف الشمس. ولقد جاءت أرصاد مصيرية أخرى أفضت إلى تقويض المنظومة البطلمية، عندما اكتشف جاليليو عام ١٦١٠ أن أربعة من التوابع تدور حول المشترى.

لقد كان كوبرنيكوس - فى الحساب الختامي - على صواب، وتسببت فكرة تمركز الكون حول الشمس وليس حول الأرض فى تغيير نظرتنا وتعميقها نحو موضعنا إزاء الكون، وخلقت المناخ الفلسفى الذى نعيشه الآن. ولا يبدو جليا ما إذا كان كل امرىء قد استوعب هذه الفكرة، فما زالت تلذ لنا فكرة أننا متميزون، وأن الكون إنما صمم وخطط برمته ليلائمنا.

(*) يشير المؤلف هنا إلى ما أسفرت عنه تلك الرحلات من وضع داروين لمؤلفه التاريخى (أصل الأنواع) عام ١٨٥٩ . (المترجم)

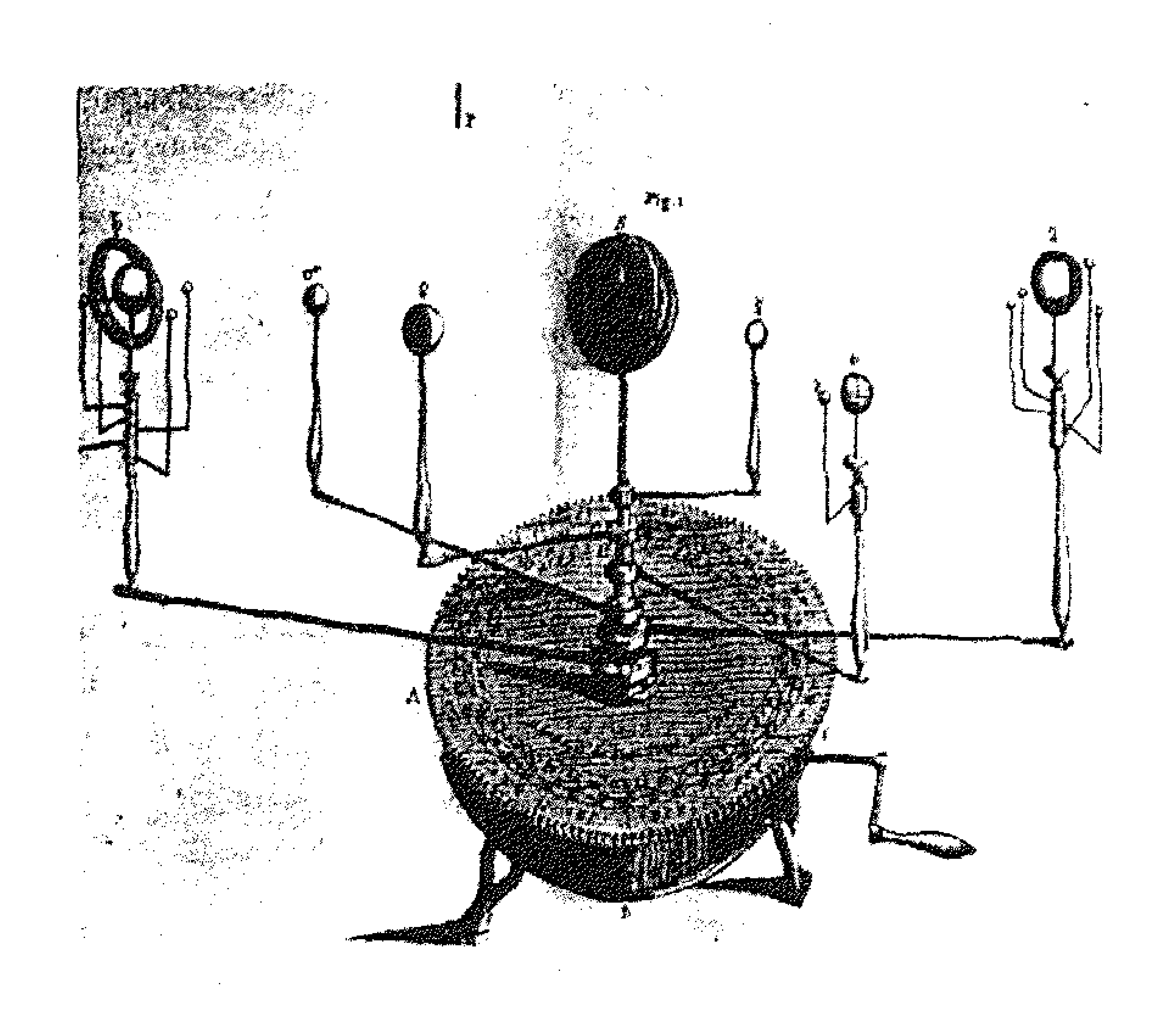
عند ذلك، قبل رينيه ديكارت (١٥٩٦- ١٦٥٠) التحدى بشأن أصل المنظومة الشمسية. كانت نظرته إلى العالم نظرة ميكانيكية محضة، فافترض -دونما دليل- عدم وجود اختلاف رئيسى بين القوى التى تحرك كلا من الساعات والمنظومة الشمسية، والمادة الحية. واقترح أن الكون محتو على دوامات دائرية معاكسة. ومثلها مثل الدوامة المائية، تراكمت المادة فى مركز الدوامة مكونة الشمس، وقيدت حركة حبيبات أغلظ مكونة الكواكب، بينما نشأت التوابع (الأقمار) خلال دوامات ثانوية أحاطت بالكواكب. وبدا جون أوبراى (١٦٢٦-١٦٩٧) كالرافض لعدد من معتقدات زمنه (لو صحت نسبة المخططات البيولوجية إليه). وكواحدة من ضمن شائعات أخرى فى كتابه "حيوات مختصرة" قرر أوبراى أن ديكارت كان من الحصافة بحيث لم يقيد حريته بزوجة (وإن كان قد اقتنى امرأة جميلة أنجب منها أبناءً)(٤).

فى الحقبة التى ظهر فيها إسحق نيوتن (١٦٤٧-١٧٢٧)، كانت منظومة كوبرنيكوس قد سادت الأفكار لمدة طويلة، وكان عمل نيوتن تتويجا لعمل كوبرنيكوس وكبلر وجاليليو. كان نيوتن - وكما كتب هو عام ١٧٠٤ - مأخوذا بالطبيعة الدقيقة للمنظومة الشمسية. استثارته معتقدات ديكارت عن المنظومة الشمسية، فوضح كيف يمكن التعامل معها عن طريق القوانين الفيزيائية المضبوطة. وهكذا فهو يرى أن الكواكب قد نسقت فى مداراتها بطريقة آمنة، والفضاء فيما بينها خاو على ما يظهر. افترض نيوتن أن العالم قد خلق - جوهريا - فى صورته الراهنة منذ بضعة آلاف من السنوات فقط، وذلك وفقا للتقويم الزمنى للكتاب المقدس الذى حسبه المطران أشر. لم يدع التقويم ذو المدى الزمنى الضيق ذلك مجالا أو وقتا لكى تتطور المنظومة من حالتها البدائية -كما تخيل ديكارت. وبذلك فقد احتاجت لخالق، أمد كل كوكب بأن يتحرك فى مساره الخاص به. وطد نجاح ميكانيكا نيوتن المعتقد القائل بأن المنظومة الشمسية هى نوع من الساعات السماوية المضبوطة. ولقد تأتى لهذه الفكرة عن صانع الساعات

السماوى أن تهيمن على التفكير فى المنظومة السماوية فى القرنين السابع عشر والثامن عشر الميلاديين.

ولقد أثمرت هذه الأفكار تركيب نماذج ميكانيكية للمنظومة الشمسية. وفى واقع الأمر، فإن النماذج المصنوعة للمنظومة الشمسية تعود إلى العصور القديمة قبل الوسطى، فشيشرون (١٠٦-٤٣ ق.م) يحكى فى كتابه دى ريبوبليكا **De republica** كيف شاهد نموذجا بناه أرشميدس (٢٨٧-٢١٢ ق.م) تظهر فيه الشمس والقمر والكواكب الخمسة المعروفة لدى الأقدمين.

سميت نماذج القرن الثامن عشر باسم نماذج المنظومة الشمسية **Orreries** (على اسم إيرل أوراى الرابع تشارلزبويل (١٦٧٦-١٧٣١)، وانتشرت أدوات القياس هذه (شكل -١) على نحو واسع. وهناك نموذج جميل فى قاعة النيازك بمتحف التاريخ الطبيعى بفيينا لآلة كواكب كوبرنيكية **"Kopernikanische Planetenmaschine"** صنعت عام ١٧٦١ من أجل إمبراطور النمسا. وعندما بنى لويس الخامس عشر (١٧١٠-١٧٧٤) جناحا جديدا بقصر فرساى، ووضع نموذج ميكانيكى للمنظومة الشمسية فى الحجرة المركزية، فى مفارقة مع المبعد الكنسى الصغير، الذى يشكل مركز الجناح القديم. وهو ما عد متوافقا مع فلسفة عصر الاستنارة.



شكل (١)

جهاز ميكانيكى بسيط لتصوير مواضع الكواكب والأقمار وحركاتها النسبية

يعود إلى أواخر القرن الثامن عشر



(شكل ٢)

بيير سيمون ماركيز دى لابلاس (١٧٤٩-١٨٢٧)

على كل حال سجل نيوتن أن هناك انحرافات طفيفة في مسارات الكواكب، وبناءً على ذلك كان على الرب الإله - طبقا لمنظومته - أن يتدخل من حين لآخر ليجرى - بصفة دورية - اصطلاحات أو تعديلات على منظومته، وهو ما يناظر ملء صانع الساعات لزنبرك ساعته. ولقد أدى هذا التصور إلى شكاوى من منافس نيوتن الأعظم لايبنتز (١٦٤٦-١٧١٦)، حتى أن نيوتن عد مذنبا بالهرطقة إذ افترض أن الرب الإله قد خلق شيئا ينقصه الكمال. فالقدرات الخارقة من أجل بناء نظام كوكبي ذى إحكام دقيق لا ينبغي أن تقل عن قدرات صانع الساعات الذى ينافسه. وبالتأكيد لا ينبغي أن يقيم الرب الإله نظاما يعوزه الكمال، وهو الذى يملك الحدس الكافي لكى يخلق الحركة الدائبة(*) السرمدية، ناهيك عن القيام بأعمال رجل الصيانة الذى عليه أن يشغل زنبرك الساعة ويضبط توقيتها فيقوم هو بتعديل المدارات الكوكبية.

بعد ذلك بفترة وجيزة، استرعت مشاكل المنظومة الشمسية انتباه الفيلسوف العظيم إيمانويل كانت (١٧٢٤-١٨٠٤). (فى ذلك الوقت كان الفلاسفة ينشغلون بالمسائل الخطيرة أكثر من انشغالهم بالعقليات التى تثير الفضول). تقدم كانت بتفسير صحيح للطريق اللبنى، على أساس أنه منظر لقرص من تجمعات نجمية كما يشاهد عند النظر إليه من الحافة. طرح كانت فكرة أن السدم غير الواضحة ذات الشكل العدسى هى جذر كونية موغلة فى البعد تشبه الطريق اللبنى، وهو ما أفصح عن رؤية مستقبلية ثاقبة. لقد كانت طفرة فى فهمنا لم تتأكد إلا فى العقد الثالث من القرن العشرين، بعد مرور مائتى سنة. ولعل هذه النظرة الثاقبة الصحيحة فى جوهرها تشرح السبب فى المكانة المرموقة التى اكتسبتها أفكاره عن أصل المنظومة الشمسية. وما أن صيغت هذه الخطة الكاملة حتى لم يعد للكون أية حرية فى أن يحيد عنها.

(*) الحركة الدائبة Perpetual motion: اصطلاح استخدم للدلالة على الحركة المستديمة التى تستمر للأبد لأجهزة أو منظومات تنتج ذاتيا من الطاقة أكثر مما تستهلك، وهو ما يتناقض مع قانون حفظ الطاقة. (المترجم)

اعتمد نموذج "كانت" عن أصل المجموعة الشمسية بشدة على التماثل مع المجرات. فلقد بدأت كتوزيع فوضوى للجسيمات. ومن المفترض أن مادتها كانت تدور ثم تطورت هيئتها متخذه شكل أقراص مفلطحة دوارة. وتكونت الشمس فى المركز فى حين تشكلت الكواكب من تكاثفات ثانوية داخل نفس القرص. وافترض "كانت" وجود كواكب إضافية عديدة خارج مدار زحل، تحولت تدريجيا إلى المذنبات.

وفى كتابه "التاريخ الطبيعى العام ونظرية السماوات" جمع كل الكواكب مع الكائنات الذكية باعتبار أن أبعدها عن الشمس أكثرها ذكاء: (وهكذا فإن قردا فوق زحل.. أذكى من نيوتن).

إذا محصت أفكار كانت عن أصل المنظومة الشمسية بصورة أكثر انتقادية، فإنها تتكشف – في غالبيتها – عن عبارات وصياغات مبهمة. ولا تتفق افتراضات كانت المتناقضة العديدة مع التهليل والقبول الشعبيين اللذين حظيت بهما. ربما كان هذا راجعا إلى مكانته المرموقة كفيلسوف ويبين هذا كم هو متعذر الحديث عن المنظومة الشمسية، إذ فشل واحد من أعظم مفكرى عصر الاستنارة فى صياغة تفسير مرض لها. وكثيرا ما يربط نموذجه – بالخطأ – بنموذج لابلاس الذى سنتحول إلى أعماله الآن.

١-١-٣ لابلاس وتابعوه

بوسعنا أن نؤرخ للتفكير الحديث عن أصل المجموعة الشمسية بظهور كتاب "منظومة العالم" عام ١٧٩٦ لبيير سيمون ماركيز دى لابلاس (١٧٤٩-١٨٢٧) (شكل (٢)).

وعلى الرغم من أن أعماله عن ميكانيكا الأجرام السماوية قليلة الانتشار فى العالم المتحدث بالإنجليزية، فإنها تضارع أعمال نيوتن. تأثر لابلاس كثيرا – شأنه شأن نيوتن من قبل – بانتظام حركة المنظومة الشمسية كما كانت تشاهد فى ذلك الوقت من أواخر القرن الثامن عشر. فالكواكب جميعها تقع فى مستوى واحد، وكلها تتحرك فى اتجاه واحد– هو عكس اتجاه عقارب الساعة– حول الشمس(*).

والأقمار تدور حول كواكبها الأمهات فى نفس هذا الاتجاه. (تجاهل لابلاس تلك الحقيقة المزعجة من أن هناك قمرين على الأقل لأورانوس، اكتشفهما هرشل (١٧٣٨–١٨٢٢) فى سنة ١٧٨٧، يدوران فى مستوى عمودى على مستوى حركة سائر المنظومة الشمسية).

إن مدارات الكواكب – وإن كانت إهليلجية الشكل كما يدرس كل تلميذ فى المدرسة اليوم – هى أقرب ما تكون للدوائر التامة. وقد قاد هذا التوزيع المنتظم لابلاس إلى اعتناق ذلك المفهوم عن أن المنظومة الشمسية قد برزت للوجود منذ زمان موغل فى القدم، من سحابة ابتدائية دوارة (السديم الشمسى). ولقد بقيت هذه الفكرة على قيد الحياة، وهى على النقيض من أفكار نيوتن، الذى كان يعتقد أن المنظومة الشمسية قد خلقت بهيئتها الراهنة قبل الآن ببضعة آلاف معدودة من السنين.

لقد كان لابلاس – على كل – أحد معاصرى عصر التنوير. وكان ربيب أسرة من تلك الأسر التى يمكن أن نطلق عليها الآن الطبقة الزراعية المتوسطة، ولقد بقى حيا بعد أحداث الثورة الفرنسية، وكان عضوا بارزا فى المؤسسة العلمية الفرنسية فى بداية القرن التاسع عشر.

(*) مفهوم اتجاه حركة الكواكب أمر نسبى، فهى تتحرك فى عكس اتجاه عقارب الساعة إذا نظرنا لها من جهة القطب الشمالى للأرض وينعكس إذًا الاتجاه إذا شوهدت من ناحية الجنوب. (المترجم)

ولقد تمكن من أن يوضح أن الكواكب كانت قادرة - بذواتها - على تصحيح مساراتها وتعديلها، دونما حاجة إلى تدخل الرب الإله لتعديل المنظومة. وأعطى لابلاس نسخة من كتابه الشهير لنابليون - الذى كان لابلاس يدرس له الرياضيات وهو بعد طالب فى مدرسة المدفعية العسكرية وقبل أن يغدو إمبراطورا - على أن بونابرت حينما لم يجد ذكرا للرب الإله، المفترض أنه مصمم هذه المنظومة، سأل لابلاس عن علة ذلك الحذف. فأجاب لابلاس - الذى كان قد حل هذه المعضلة التى طالما شغلت بال نيوتن من قبل: "ما من حاجة إلى مثل هذا الافتراض".

ها هو ذا حاجز منيع قد تم تخطيه، ويمكن الآن أن نعتبر أن المنظومة الشمسية قد برزت للوجود كنتيجة لعمليات طبيعية تطورت من بداية أولية، بدلا من اعتبارها قد خُلقت - لحظيا - فى أحسن تقويم. ويؤرخ هذا لبداية المحاولات الحديثة الجادة فى سبيل فهم كيفية مجىء الشمس والكواكب إلى الوجود.

فى نفس الوقت الذى كان لابلاس يدون فيه مؤلفه "المنظومة العالمية"، كان جوزيف هايدن (١٧٣٢-١٨٠٩) يصوغ مؤلفه الموسيقى "الخليقة"، والذى انتهى منه هو الآخر عام ١٧٩٦ . عزف هذا العمل الموسيقى لأول مرة فى فيينا فى أبريل من عام ١٧٩٨، وهو "أوراتوريو"(*) لخمسة عازفين منفردين، وفرقة (إنشاد جماعى) وأوركسترا، يستغرق أداؤه زهاء الساعتين. وهو أرق تعبير موسيقى عن أصل المجموعة الشمسية، وتدور المناقشات عنه كأجل أعمال هايدن، بل من الجدير أن يعد واحدا من أعظم انتصارات الحضارة الغربية. استلهمه هايدن من "الفردوس المفقود" للشاعر جون ميلتون (١٦٠٨-١٦٧٤) والذى نشر فى ١٦٦٧، ومن الوصف التوراتى فى سفر التكوين.

(*) مؤلف موسيقى يروى قصة دينية وليس فيه تمثيل. (المترجم)

وعلى ذلك فقد صور هايدن تكون الأرض، وخلق قطانها من حيوان وإنسان، والقبة السماوية فى خلال الأيام السبعة التى خصصها مؤلفو سفر التكوين لذلك. وفى أعمال أحدث تم تمديد هذا الإطار الزمنى الضيق. وهكذا فإن ١٥ بليون سنة أو نحو ذلك أصبحت هى المدى الزمنى الجديد الذى يتاح فيه أن نصل إلى وضعنا الحالى. وما زلنا فى انتظار أعمال فنية تصور عملية الخلق تواكب فهمنا الجديد له.

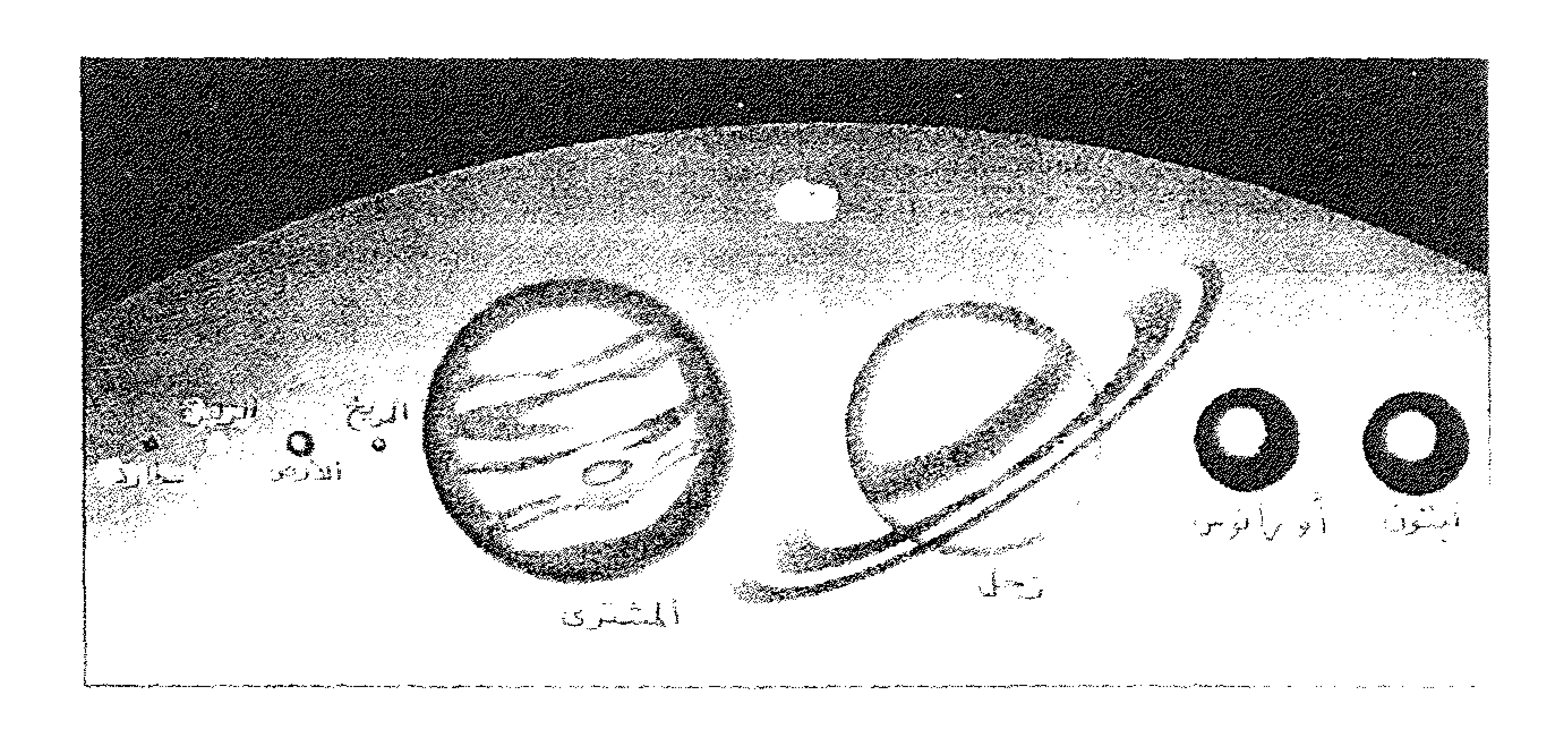
١-١-٤ حدود الكون

لكى نكون تصورا لوضع المنظومة الشمسية بين مواقع الأجرام السماوية، من المفيد بمكان أن نتأمل مقاييس الكون كما نفطن لها فى الوضع الراهن. ومن المفيد كذلك أن تستقر فى الذهن أبعاد منظومتنا الشمسية بالنسبة لمنظومات كوكبية أخرى تم اكتشافها مؤخرا (انظر شكلى ٣، ٤).

يُطلق على متوسط المسافة بين مركزى الشمس والأرض اسم الوحدة الفلكية (حوالى ١٥٠ مليون كيلومتر) وسنختصر هذه التسمية فى سائر كتابنا هذا إلى الحرفين (و.ف). وهناك معلومات أخرى عن هذه الوحدة فى مقدمة الكتاب.

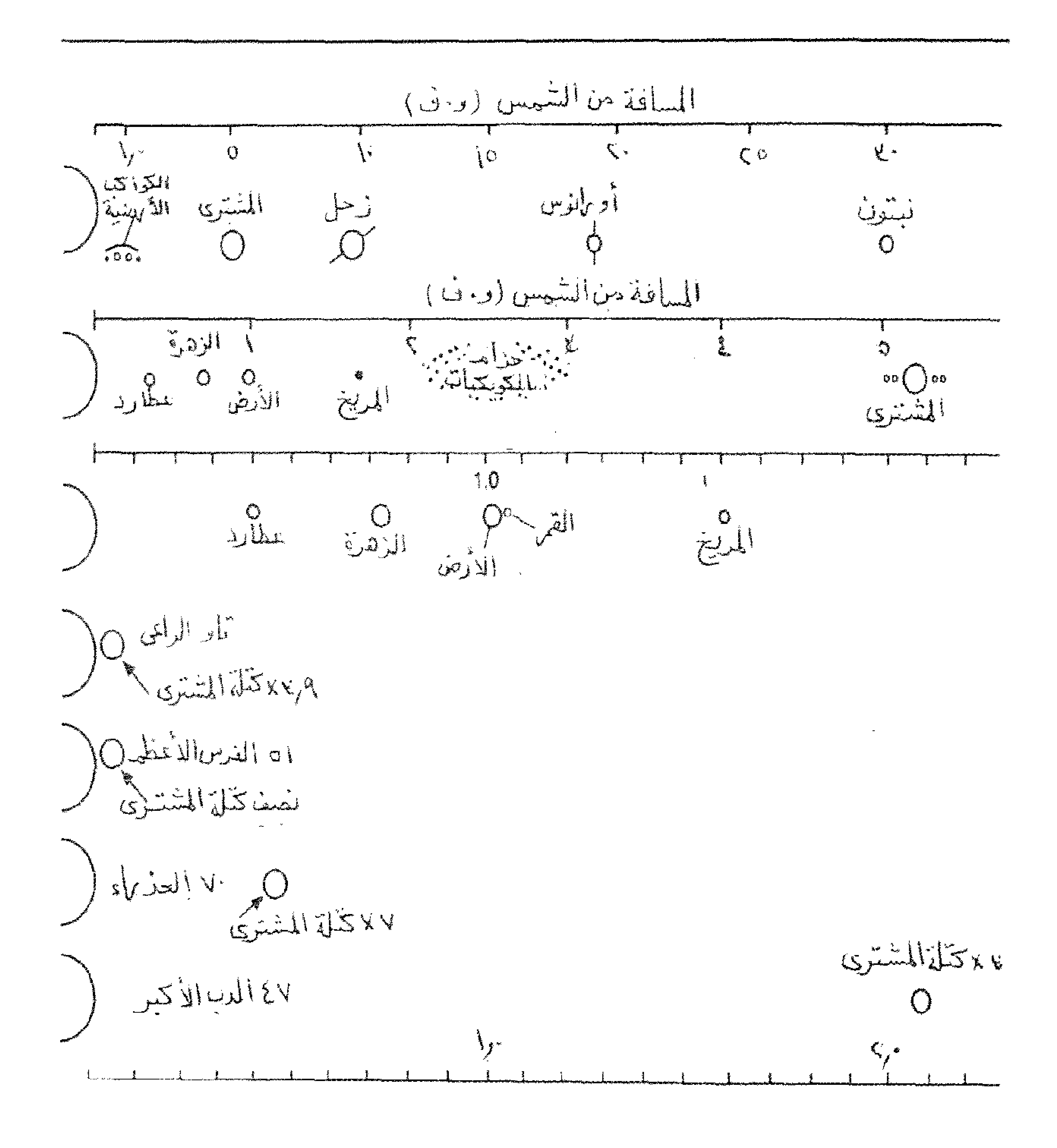
يصل قطر الشمس إلى زهاء ١٠و٠ من و.ف. ويقطع عطارد على مسافة ٤و٠ وف من الشمس، وتدور الزهرة فى مدار داخل مدار الأرض على بعد ٧و٠ وف من الشمس، فى حين يقع المريخ خارج مدار الأرض على مسافة ٥و١ وف. ، وتملأ الكويكبات الفجوة ما بين المريخ والمشترى، ويتركز معظمها ما بين ٢، ٤ وف. من الشمس ،   ومن السهل تذكر المسافات بين الكواكب العملاقة: فالمشترى يبعد عنها ٥ و. ف تقريبا، وزحل ١٠ و ف، وأورانوس ٢٠ و. ف، فيما يمتد مجال المنظومة الكواكبية حتى مدار نبتون على بعد نحو ٣٠ و. ف.

وغير بعيد خارج مدار نبتون، تقع سحابة شبه مفلطحة من المذنبات الثلجية، ممتدة إلى أكثر من ١٠٠٠ و. ف، وهى التى يحتمل أن يكون بلوتو أحد أعضائها الآبقين منها. وعلى مسافة أكثر بعدا تقع سحابة أخرى (تتخذ شكلا أكثر كروية) من المذنبات المصطفة والتى ربما يتجاوز إجمالى عددها التريليون. ويمتد هذا السرب الهائل إلى مسافة ٥٠٠٠٠ و. ف تقريبا، ويمثل الحدود الخارجية لنظامنا الشمسى. وهذا البعد من الكبر بحيث يحتاج الضوء إلى سنة تقريبا حتى يصلنا من هذه الأجواز القاصية.



شكل (٣)

الأحجام النسبية للشمس وكواكبها الثمانية



شكل (٤)

إلى أعلى: المسافات بين الكواكب والشمس فى منظومتنا الشمسية.

إلى أسفل: المسافات بين الكواكب ونجومها الأمهات فى المنظومات الكوكبية الأخرى بنفس مقياس الرسم. وأحجام الكواكب مبالغ فيها بغرض التوضيح.

والصف العلوى الأول يبين الشمس والكواكب حتى نبتون، والصف الثانى يبين المنظومة الشمسية حتى المشترى، ويشمل نطاق الكويكبات، والصف الثالث يوضح الكواكب الأرضية: عطارد والزهرة والأرض والمريخ. أما إلى أسفل فيبين الشكل بعض الكواكب المكتشفة حديثا بنفس مقياس الرسم، وتتميز منها الكواكب الأضخم من المشترى بقرب مداراتها الشديد من نجومها الأمهات.

إذا اتجهنا مبتعدين عن الشمس، فإن مواقع الكواكب تتبع قاعدة حسابية بسيطة، إذ بمقدورنا التعبير عن أبعاد الكواكب عن الشمس فى صورة المتسلسلة: ٤و٠، ٧و٠، ١، ٦و١، ٨و٢، ٢و٥، الخ؟. وهى أرقام قريبة من المسافات التى تفصل بينها مقدرة بالوحدات الفلكية. ويمكن التوصل إلى هذا التعاقب من الأرقام بإضافة مقدار ثابت، هو ٤و٠ إلى المتسلسلة الرياضية المتضاعفة ذات الأساس ٢: صفر، ٣و٠، ٦و٠، ٢و١، ٤و٢، ٨و٤ ، إلخ(*). لقد اكتشف هذه العلاقة المدهشة لأول مرة جوهان دانييل تيتيوس فون فيتنبرج (١٧٢٩-١٧٩٦)، ثم أعادها جوهان إيلرت بود (١٧٤٧-١٨٢٦) إلى بؤرة الاهتمام العام مرة أخرى. ومن ثم فإن تسميتها الصحيحة هى قاعدة تيتيوس – بود.

طالما جذب هذا التوزيع المنتظم للمسافات بين الكواكب اهتماما عريضا من الناس. ويعتدّ به عادة كأحد الملامح البارزة التى ينبغى أخذها فى الاعتبار عند التعرض لأية نظرية تتناول أصل المنظومة الشمسية، وذاعت شهرته عند اكتشاف

(*) نختلف هنا قليلا مع ما ورد فى هذا النص. فالمتسلسلة٣و٠، ٦و٠، ٢و١، ... هى متسلسلة هندسية أساسها٢ (كل رقم يساوى ضعف الرقم السابق له) وعليه فكان ينبغى أن يكون الحد السابق للحد ٣و٠ هو ٣و٠-٢= ١٥و٠ وليس صفرا. وطبقا لقانون بود المذكور يجب أن يكون عطارد على بعد يساوى ٤و٠+١٥و٠= ٥٥و٠ وحدة فلكية، وعلى ذلك فقانون بود لا ينطبق على كوكب عطارد. (المترجم)

الكويكب سيريس **Ceres** فى نفس موقع "الكوكب المفقود" على مسافة ٨و٢ و.ف ما بين المريخ (الواقع على بعد٦و١ و.ف) والمشترى (الواقع على بعد ٢و٥ و.ف).

وعلى كل، فإن تلك العلاقة هى تقريبية فقط، تفلح فلاحا مُرضيا حتى كوكب أورانوس، ولكنها تفشل مع نبتون، الذى كان ينبغى أن يكون - طبقا لعلاقة بود - على بعد ٨و٣٨ و. ف. بيد أنه يقبع على مسافة أقرب مقدارها ٣٠ و. ف، متسببا فى حالة من عدم الارتياح فيما يخص علاقة بود. وإذا كان موقع بلوتو هو الآخر لا يتوافق معها، فإن هذا الجرم الثلجى المنبوذ سيجرى استثناؤه فى القريب العاجل(*) من المنظومة الشمسية. فحسب ما سأشرح فيما بعد، ليس هناك ما يبرر تصنيفه فى عداد الكواكب.

ترى.. هل لقاعدة تيتيوس - بود أية دلالة حقيقية؟ يبدو من المعقول أن نتوقع أنه إذا كانت القاعدة تمثل عاملا فيزيائيا فعالا فى بنى منظومات الكواكب، فإن بعض الخواص الأساسية الأخرى ربما تغيرت بنفس هذا الانتظام الحسابى البسيط فى أطوال المسافات بين الكواكب.

وعلى كل حال فإنه من المثير للفضول أن لا علاقة هناك بكتلة الكوكب أو تركيبه، سواء بالمسافات البينية التى تعطيها القاعدة أو بالبعد عن الشمس. ويثير هذا مسألة احتمال أن هذه القاعدة هى خاصية ثانوية، وليست خاصية ابتدائية للمنظومة الشمسية.

(*) نشر كتابنا هذا عام ١٩٩٨، وبتاريخ ٢٠٠٦/٨/٢٤ وضع الاتحاد الفلكى الدولى IAU (International Astronomical Union) تعريفا لمصطلح الكوكب أخرج، بموجبه بلوتو من زمرة الكواكب. (المترجم)

ليس هناك – بطبيعة الحال – أي دليل واقعي على أننا نرصد الآن نفس المسافات الأصلية بين مسارات الكواكب. وما يبدو أكثر احتمالا هو أن هذه المسافات بين الكواكب قد نشأت بصورة طبيعية نتيجة القوى المدية(*) – بعد أن كانت قد تكونت، وبذلك تبدو هذه القاعدة الشهيرة غير ذات موضوع فيما يتعلق بأصل المنظومة.

وبكل تأكيد، وعبر الأدلة المتناثرة التي تسنت لنا عن المنظومات الكوكبية التي تحقق اكتشافها حديثا حول النجوم الأخرى، لا يبدو أن القاعدة صالحة للتطبيق في تلك المواقع هي الأخرى، فالمسافات بين الكواكب تختلف عن تلك بين كواكب مجموعتنا نحن، وبعض الكواكب التي تفوق المشترى حجما تقبع في مدارات حول نجومها أقرب من مدار عطارد حول شمسنا، وتتم الدورة حول كوكبها الأم خلال أيام معدودة.

ويبدو واضحا أن القاعدة الشهيرة ليست نوعا من قاعدة كونية ثابتة في تكون المنظومات الكواكبية، فهي ليست أكثر من الطريقة التي عدلت بها كواكبنا أوضاعها وفقا للقوى المدية. وللمنظومات الأخرى المسافات البينية الخاصة بها.

وعندما نتطلع إلى الكون خارج منظومتنا الشمسية، تبدو لنا المسافات الهائلة بين الكواكب –على المستوى المجرى– من الضآلة بمكان. وها قد حان الوقت كي نغير الوحدات التي نستعملها، فالوحدة الأكثر ملاءمة الآن هي المسافة التي يقطعها الضوء في مدة عام، وتساوي زهاء ٦٣٠٠٠ و. ف.

إن أقرب النجوم لنا هو الأقرب القنطوري (Proxima Centauri)، وهو العضو الأكثر خفوتا من منظومة نجمية ثلاثية ألمع نجومها يطلق عليه ألفا قنطورس. وهذا

(*) يقصد بالقوى المدية Tidal Forces التأثير الجانبي لقوى الجاذبية، وذلك لأن قوى الجاذبية ليست متساوية في تأثيرها على مختلف أجزاء الجرم الذي تجذبه إليها فالجزء القريب من مصدر الجاذبية يتعرض لقوة أكبر من الجزء الأبعد. (المترجم)

النجم مألوف لدى قاطنى نصف الكرة الأرضية الجنوبى، حيث أنه يمثل أحد النجوم التى يستدل بها على الصليب الجنوبى(*).

ويستغرق الضوء أكثر من أربع سنوات ليصلنا من أقرب النجوم هذا، ورغم أن (الأقرب القنطورى) هو أقرب النجوم إلينا فى الوقت الراهن، فإن النجم القزمى (روس ٢٤٨) (Ross 248) سيسترق منه هذا اللقب فى غضون ٣٣٠٠٠ سنة من سنواتنا الأرضية.

وبسبب بطء السرعة النسبية للنجوم فإن المجموعات النجمية المألوفة لنا مثل الصياد والجبار (Orion) ومرافقه الكلب الأكبر (Canis Major) سيعاد ترتيبها وتحل محلها مجموعات أخرى مستقبلا.

ويلوح أن إدموند هالى (١٦٥٦-١٧٤٢) الذى سمى المذنب الشهير باسمه كان أول من تحقق من هذا، إذ رصد أن مواقع نجوم عديدة - وذلك فى بواكير القرن الثامن عشر- اختلفت عن تلك التى سجلت فى فهارس "هيبارخوس" فى النصف الثانى من القرن الميلادى الثانى.

يبلغ قطر مجرة الطريق اللبنى زهاء ٨٥٠٠٠ سنة ضوئية. وهى تدور ببطء. وتقبع المنظومة الشمسية - ونحن ضمنها - فى واحد من أذرعها اللوبية الغنية بالغبار والغاز (والمسمى بذراع ساجيتاريوس(**) Sagittarius على مسافة ٢٥٠٠٠ سنة ضوئية من المركز، وتدور المجرة - فى تؤدة - كدولاب هائل الضخامة. لقد دارت أقل من ٢٠ مرة

(*) مجموعة نجمية من ٤نجوم تقع إلى الجنوب من مجموعة قنطورس وبرجى العقرب والميزان. (المترجم)

(**) ساجيتاريوس (برج القوس أو الرامى) مجموعة من النجوم ترى بنصف الكرة الجنوبى بالقرب من برجى العقرب والجدى. (المترجم)

منذ أن بدأت المنظومة الشمسية، حيث أنها تستغرق نحو ٢٥٠ مليون سنة لتنجز دورة واحدة. إن مقياس هذه الحركة الهائل لم يكن ليتم تقديره إلا على نطاقات الأزمنة الجيولوجية، فمنذ مائتين وخمسين مليونا من السنوات كانت الحقبة الباليوزوية(*) مشارفة على الإنتهاء، وهي الحقبة التي اقترنت بانقراض عظيم، إذ اضمحل نحو ٩٥٪ من صور الحياة على الأرض، بما في ذلك التريلوبايتات(**) الكائنات ثلاثية النصوص، التي تواجدت لثلاثمائة مليون سنة.

وتبعد أقرب مجرة عظيمة منا (المجرة م٣١ أو أندروميدا) بمليوني سنة ضوئية، وتكون واحدا من ٢٥ عضوا - على الأقل من مجموعة مجرات، تشمل بينها السحب الماجلانية والتي تشاهد في نصف الكرة الجنوبي، تلك التي رآها الملاح البرتغالي فرديناند ماجلان (١٤٨٠؟-١٥٢١) وأطلق عليها اسمه، وهو الذي قاد أول رحلة بحرية حول الأرض - وإن لم يمتد به الأجل - لسوء الطالع - حتى نهايتها.

ووراء هذه المجموعة المحلية يمتد عدد لا نهاية له من المجرات المصفوفة. ويكشف تلسكوب هابل الفضائي عن وجود ربما ٥٠٠ بليون مجرة في الجزء من الكون الذي باستطاعتنا رصده، وهو ما يزيد عن خمسة أضعاف تقديرات سابقة.

(*) عصر جيولوجي يقع بين أقدم أزمان الدهر القديم والعصر الأخير منه، ويتميز بظهور اللافقريات البحرية والأسماك والزواحف البدائية والنباتات الأرضية. (المترجم)

(**) التريلوبايت هي أول حيوانات قشرية ظهرت على الأرض منذ ٥٠٠ مليون سنة، ومعنى التريلوبايت: الكائنات ثلاثية الفصوص إذ كان جسمها مغطى بغطاء صلب مقسم طوليا إلى ثلاث فصوص وكانت تعيش في الماء قليل الغور بالقرب من الشاطئ إذ كانت لها أرجل مفصلية تسير بها في قاع البحر وكانت تتنفس عن طريق الخياشيم كالأسماك. سادت التريلوبايتات البحار لمدة مليون سنة حتى انقرضت منذ حوالي ٢٠٠ مليون سنة. (المترجم)

١-١-٥ المجرات

المجرات هى المكونات الأساسية الأكثر وضوحا فى الكون. وعلينا أن نذكرها هنا حيث أن منظومتنا الشمسية تقبع داخل واحدة منها. ويحتوى كل منها - كمتوسط نمطى - على ١٠٠ بليون نجم. وعلى الرغم من تواجد العديد والعديد من المجرات، فمما يدعو إلى الدهشة أن تلك المجرات -القريبة منا على الأقل- تقع ضمن نطاق محدود من فئات المجرات (الإهليلجية، والحلزونية والقزمية)، ويتحور شكلها باطراد نحو فقدان مظهرها المنتفخ، متحولة إلى أقراص ذات منظر أكثر جمالا.

ويبدأ النموذج النمطى أو القياسى لتكون المجرات الحلزونية - بما فى ذلك مجرتنا - بتكتل كروى الشكل من الغاز الذى يبدأ منه تكون النجوم (شكل٥). وتتقوض الكرة إلى قرص يأخذ - فى بحر عدة مئات الملايين من الأعوام- فى الدوران، مخلفا هالة من التجمعات الكروية من النجوم ترسم حدود امتدادها الأصلى. وسأتوسع قليلا فى وصف نجوم الهالة القديمة تلك: فى هذا النموذج، بدأ تطور مجرة الطريق اللبنى بتكون الهالة منذ حوالى ١٢ إلى ١٥ بليون سنة خلت. ومع انهيار المجرة وتحولها إلى قرص أخذت النجوم فى التكون فى الأذرع اللوبية منذ عشرة بلايين سنة تقريبا.

يلوح لنا الآن أن للمجرات تاريخا أكثر فى تعقيده مما كنا نعتقده من قبل. ومثلها مثل القارات اليابسة، يبدو أنها تكونت من وحدات عديدة منفصلة تزحزحت سويا. وعلى ذلك فالأرجح أن هذه (القارات الكونية) لم تتطور بمعزل عن بعضها، وإنما ربما وقع فيما بينها تصادمات عديدة.

ويبدو جديرا بتسجيله هنا، مثال لمجرة موغلة فى البعد. ويشار لها بالترقيم ثقيل الظل (6CO140+326). وعلى الرغم مما كان متوقعا من أن هذه المجرة فى ريعان الشباب فإنها لا تبدو ملحوظة، وبها - ظاهريا - تجمع كبير من النجوم. إن هناك الكثير من المجرات القاصية التى تبدو شديدة الشبه بتلك القريبة منا.

وكلما أمعنا النظر في الماضي السحيق كلما لاح الكون أرحب وأقدم عمرا مما كنا نتخيله في السابق. وإذا كان هذا الاتجاه قد استدام عبر كل التاريخ من النظر إلى السماوات فما من شك في استمراره مستقبلا.





شكل (٥)

(أ) المجرة الحلزونية القياسية NGC2667 (تصوير التلسكوب الأنجلو - استرالى).

(ب) مجرتنا نحن: رسم تخطيطى للتكوين المرجح لمجرة الطريق اللبنى. ويظهر به ثلاث أذرع قريبة ومواضع أماكن ميلاد النجوم الجديدة وموقع الشمس.

رغم الاعتقاد السابق بأن المجرات قد تكونت فى حقبة مبكرة من تاريخ الكون، فمن الواضح الآن أن عملية تكون المجرات مستمرة دوما. فالمجرات البديعة التى نعجب بها ليست مخلدة، وإنما هى - كأى شيء آخر فى الطبيعة- متطورة مع الزمن. وكأجرام سماوية أخرى كثيرة ما كان سيتم التنبؤ بها لو لم تكن رصدت.

كيف برزت للوجود هذه التشكيلات البديعة من (الحساء)(*) الأولى الابتدائى من الجسيمات الأساسية؟ هذا هو أحد الأسئلة الرئيسية فى علم الكونيات. وفى السيناريو الانتفاخى الذى سأناقشه فى إيجاز، لعلها برزت للوجود من تغيرات ثانوية حدثت مع تمدد كرة الانفجار العظيم النارية.

١-١-٦ هل يتسم الكون بالتجانس؟

وددت لو طرحت هذا السؤال بإيجاز، لأضع منظومتنا الشمسية فى منظورها الكونى ثانية. فقد حدث تحول أساسى فى فهمنا لتكوين الكون فى خلال السنوات القليلة الماضية.فقبل عام ١٩٨٠ تقريبا، كان المقبول بصفة عامة فكرة تجانس الكون، وأن المجرات موزعة بانتظام وحتى آخر حد منظور تتيحه لنا رؤيتنا. على أن هذه

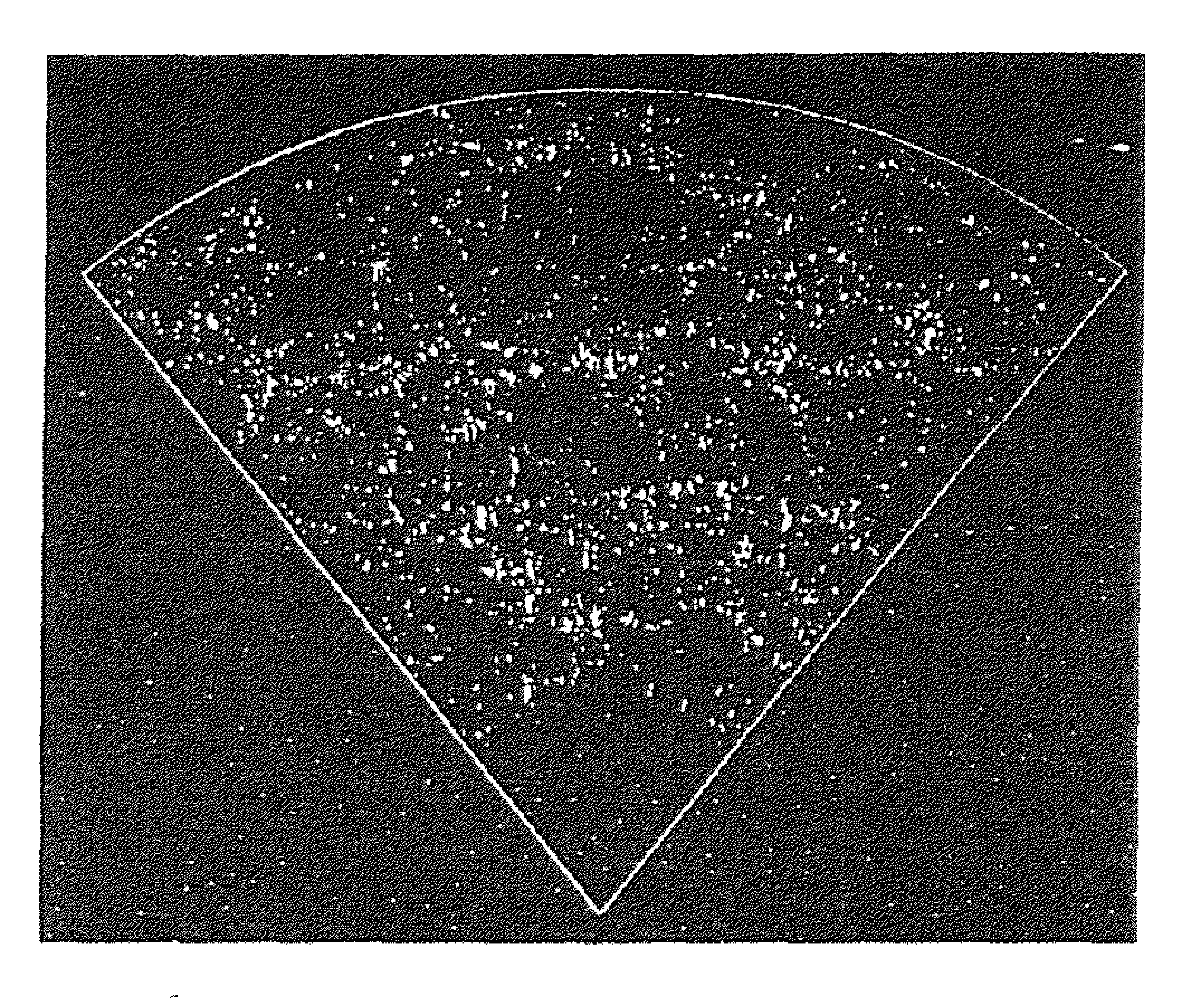
(*) نظرية الحساء الكونى الأولى: (Primordial soup) نظرية تفترض بدء الحياة فى ما يشبه المحيط أو المستنقع الكونى كنتيجة لاتحاد كيماويات من الجو مع الطاقة لتكوين أحماض أمينية كانت بمثابة لبنات البناء للبروتين الذى تطور إلى الكائنات الحية منذ ٣,٨ إلى ٣,٥٥ بليون سنة. (المترجم)

النظرة قد تبدلت – بصورة درامية – وعرفنا أن هذا التكوين بعيد عن العشوائية (انظر شكل ٦).

فالمجرات موزعة فى شكل سلاسل، وصفائح، وشعيرات، وعقد. وأكبر تكوين صفائحى السمة تم رصده هو ذلك المسمى (بالسور العظيم) والذى يحوى الآلاف من المجرات ويمتد طوله لأكثر من ٥٠٠ مليون سنة ضوئية.

وتظهر المجرات – فى العديد من الحالات – واقعة على أسطح قشور كروية تحيط بمناطق معتمة تبدو كالخالية من المجرات. وتقارن هذه التكوينات "بفقاقيع الصابون"، إذ يبدو التوزيع المجرى فى الصور ثنائية الأبعاد أشبه بالشعيرات، لأن المجرات – على ما يظهر – تتجمع لدى حواف هذه الفقاقيع الهائلة والفارغة. ويصل عرض هذه الفقاقيع الضخمة نحو ١٥٠ مليون سنة ضوئية فى حين يبدو داخلها خاويا. ويلوح لنا أن الكون – كلما تقدم به العمر – يميل إلى التشكل فى وحدات أكبر وأكبر، متخذا نفس المنحى الذى تنحو إليه الإمبراطوريات فوق الأرض، حيث تأخذ فى التوسع حتى ينتهى بها الأمر إلى التقوض فى خاتمة المطاف.

ويبدو أن العناقيد المجرية قد تشكلت فى خلال البلايين الأخيرة من السنوات وأن تلكم العناقيد آخذة فى التحول – بفعل الجاذبية – إلى عناقيد عظمى.



بليون سنة ضوئية

شكل (٦)

لا تتوزع المجرات توزيعا منتظما فى الكون، وإنما تتجمع فى هيئة عناقيد وسلاسل. والرسم يبين هذه التجمعات فى توزيع المجرات إلى مدى ٢ بليون سنة ضوئية، بناءً على مسح لأربعة وعشرين ألف مجرة.

المصدر: مسح لاس كامباناس - معهد كارنيجب

١-١-٧ تمدد الكون:

غدا معروفا للجميع اليوم ذلك الاكتشاف الذى أنجزه إدوين هابل (١٨٨٩-١٩٥٣) عام ١٩٢٩ من أن الكون آخذ فى التمدد. أما ما إذا كان الكون مفتوحا دائبا فى التمدد إلى مالا نهاية، أو مقفلا آيلا إلى التقوض فى المستقبل، فذلك يعتمد على

كثافة المادة بالكون. وطبقا لأفق تصورنا الحالى، يظهر لنا الكون شديد التفلطح، ممتدا فى العمر لنحو ١٥ بليون سنة. وهو بهذا يقف فى منتصف المسافة ما بين التمدد اللانهائى، والانهيار. على أية حال فعندما نضيف كل مادة الكون المرئية لبعضها، فإن الحصيلة هى نحو ١٠٪ من الكثافة المطلوبة لكى ينتهى الكون إلى الانهيار. فلكى يحدث هذا يلزم وجود ١٠ أضعاف ما هو موجود من المادة.

ويطلق علماء الكونيات مصطلح "أوميجا"(*) على مقدار هذه الكثافة الحرجة والتى يلزم أن تكون بدقة مساوية للواحد الصحيح. وهكذا فالناحية النظرية تقتضى أن يكون نحو ٩٠٪ من مادة الكون موجوداً فى صورة "مادة معتمة" ليس بمقدورنا أن نراها ولا أن نستشعرها فى الوقت الحالى. (وكما لاحظ جون أبدايك ذات مرة فإن المعامل ١٠ دائما ما يعنى شيئا ما.. حتى فى علم الفلك).

ولكن ما مقدار كثافة الكون كما نرصدها؟ إن الأرقام مثيرة للاستفزاز. فمقدار المادة المرئية من نجوم ومجرات وما إلى ذلك لا تبلغ الكثير، ولا تساهم الكواكب إلا بقدر تافه (وإن كان من الأهمية بمكان لنا حيث أننا نقف فوق بعض منها). وربما تكوّن جزء من المادة المعتمة من البقايا المحترقة لأنجم عملاقة تكونت فى مرحلة مبكرة. ومن الاحتمالات الأخرى وجودها فى النجوم شديدة الخفوت، والأقزام البنية(**) وما يماثلها من أجرام سأتحدث عنها فيما بعد، وإن بدا تواجدها نادرا. ويتجمع كل هذا فى شكل هالة من أجرام فلكية مدمجة ذات كتلة هائلة، يطلق عليها ماخو (MACHO)

(*) كثافة الكون هى مقدار المادة الموجودة فى كل وحدة حجوم منه، وقيمة الكثافة الحرجة المرموز لها بالرمز أوميجا هى القيمة التى تجعله وسطا ما بين كون مفتوح دائم التمدد وكون آيل إلى الانهيار. (المترجم)

(**) الأقزام البنية هى طائفة من النجوم بالغة الصغر والبرودة، تقع ما بين نطاق النجوم القزمية والكواكب الضخمة، وسيفصل الحديث عنها فيما بعد. (المترجم)

massive astronomical compact halo objects (وهو مثال للاختصار بالأحرف الأولى الذى ابتلينا به كميرات مازال قائما ومستمرا منذ الحرب العالمية الثانية). ولى عودة إلى هذه المشكلة فيما يتعلق بكثافة الكون، حين أناقش -بإيجاز- أصل نشأته. وفى خلال ذلك نحن فى حاجة إلى معرفة كم يبلغ عمره؟

١-١-٨ كم يبلغ عمر الكون:

يكمن السر فى طرح هذا التساؤل عن عمر الكون فى كتاب يتحدث عن المنظومة الشمسية، فى ضرورة توضيح الفرق بينهما. ففى الماضى دائما ما كان يتم الربط بين الشمس والنجوم والكواكب معا فى محاولة لشرح أصل نشأتها. وتبرز فى هذا المضمار بعض القصص عن الخليقة أو التفسيرات الدينية.

إن عمر الكون، وبعبارة أخرى الزمن الذى انقضى منذ وقوع الانفجار العظيم، مازال مثار جدال، إذ تتراوح التقديرات ما بين ١٢، ١٨ بليون سنة. بوسعنا أن نهبط بالحد الأدنى إلى أقل من ذلك، وهناك العديد من القرائن التى تشير إلى أن عمر الكون يتخطى ١٠مليار عام، أولها ذلك البرهان القاطع فى ما نرصده من وفرة فى العناصر والنظائر ذات العمر الطويل، مثل اليورانيوم والثوريوم، وهى التى يستمر إنتاجها فى العمالقة الحمراء(*) والمستعرات العظمى(**)، حيث يحتاج الأمر إلى أكثر من ١٠ بلايين سنة لتصل مقاديرها إلى ما تبينه أرصادنا حاليا.

(*) هى نجوم كبيرة الحجم يميل لونها للأحمر وتمثل مرحلة من مراحل تطور النجم. (المترجم)

(**) المستعر الأعظم أو السوبر نوفا Super nova ظاهرة سماوية نادرة الحدوث ينفجر فيها النجم ويبدو شديد اللمعان لفترة وجيزة يطلق خلالها مقدارا جبارا من الطاقة. (المترجم)

وعادة ما يقدر عمر عناقيد النجوم الكرية، تلك التى تحف بمجرة الطريق اللبنى، بما بين ١٤، ١٦ بليون عام. وتومئ البيانات التى جلبها القمر الصناعى هيبارخوس (المسمى باسم العالم القديم واضع فهرس النجوم) إلى أنها أصغر عمرا، بحيث تتواءم مع الأعمار الأصغر المستقاة من القياسات المعاصرة لمعدل التمدد الذى أنا بصدد التحدث عنه بإيجاز.

إن حقبة مقدارها بضعة بلايين من السنين لا بد وأن تنقضى فى أعقاب الانفجار الكونى الأعظم، قبل أن تبرز للوجود هذه التجمعات النجمية، بحيث يتيسر الوقت لنشوء العناصر وتكون النجوم.

لقد ثبت بالمثل إمكانية قياس أعمار النجوم مباشرة عن طريق بعض النجوم الشائخة فى هالة مجرتنا المحلية، وهى وسيلة للقياس جد مستقلة تماما، ولا تعتمد على نظريات حول طبيعة الكون أو تمدده. ويحدد العمر تأسيسا على قياس مدى وفرة عنصر الثوريوم فى النجم، فهذا العنصر ذو النشاط الإشعاعى يحتاج إلى ١٤ مليار سنة كى تتحول نصف ذراته إلى رصاص. وهذا الاضمحلال فى النشاط الإشعاعى يزودنا بساعة ميقاتية دقيقة تخبرنا أن بعضا من نجوم هالة مجرة الطريق اللبنى لها من العمر ٤ أضعاف عمر الشمس، التى نؤرخ لتكونها - على نحو جد دقيق - بأربعة ونصف بليون عام، وبذلك فإن أعمار نجوم هذه الهالة تتراوح ما بين ١٧، ١٨ بليون سنة، مع احتمال خطأ فى التقدير يبلغ زهاء ٢ إلى ٣ بلايين عام.

وفى الختام يجدر بالذكر مرة أخرى وجود مجرات موغلة فى البعد تظهر مشابهة لتلك القريبة منا. ولما كانت نجوم تلكم المجرات يلزمها وقت ما كى تتطور، فإن مستوى العمر المقدر بخمسة عشر بليون عام هو ما يقتضيه ذلك. وعلى ذلك فثمة صعوبة فى أن نقترح عمرا للكون - وكما نراه - يقل عن ١٥ بليون سنة.

والنقطة المهمة فى سياق مناقشتنا هذه هى التأكيد على أن المنظومة الشمسية لها عمر يناهز ٤,٥ بليون سنة (وعلى وجه الدقة ٤٥٦٦ مليون سنة). وعلى ذلك، فأيا كان العمر الذى سنتفق عليه بشأن عمر الكون بصفة نهائية، فإن الخلاصة المؤكدة هى أن منظومتنا الشمسية أحدث عهدا، إذ تشكلت فى مرحلة متأخرة من تاريخ الكون، وأصلها منفصل.. لا علاقة له ببدايته. ويجىء هذا على النقيض من معظم حكايات الخلق .

ففى القصة الواردة بسفر التكوين تظهر الأرض أولا، يتبعها فى اليوم الرابع الشمس والقمر وفى النهاية النجوم. أما هنا فإننا نبدأ بالنجوم. والخلاصة الفلسفية الرئيسية المستقاة هى أن مجموعات كواكبنا قد برزت للوجود من خلال عمليات فيزيائية طبيعية ضمن منظومة أوسع، وهو ما فطن إليه لابلاس. لقد تشكلت المجرات، وعاشت أجيال كاملة من النجوم وماتت قبل أن تتكاثف منظومتنا الشمسية فى شكل ذراع لولبية من أذرع مجرة "الطريق اللبنى".

وبالإمكان حسبان الوقت منذ نشأة الكون وحتى الانفجار الأعظم، وذلك بقياس معدل تباعد المجرات. ويعرف هذا المعامل أو المقياس بثابت هابل، الذى ثار اضطراب عظيم حول مقداره. وبعد ٧٠ عاما من الجهد المضنى تم التوصل إلى قيمة تتراوح ما بين ٤٠، ٩٠ كيلومتر/ ثانية لكل ميجابارسك (حيث تبلغ قيمة الميجابارسك ٢٦و٣ مليون سنة ضوئية). والقيمة الأقل تناظر عمرا تقديريا أطول للكون. وتقتضى القيمة (٤٠) عمرا يناهز ٢٥بليون سنة فى حين يصل عمر الكون إلى ٨ أو ٩ بليون عام إذا قدر ثابت هابل بالقيمة ٩٠ وتتناقض هذه الأعمار القصيرة نسبيا مع البرهان الآخر على أن عمر الكون ربما كان ١٥ بليون سنة.

فالحياة فى كون يقل عمره عن عمر بعض مكوناته أمر يصعب بالتأكيد تصديقه. ورغم أن مجتمع علماء الفلك منقسم لمدة طويلة بين هذين المعسكرين، فقد بدأ التقارب

فى تقديراتهما، إذ وقعت التقديرات بين ٥٠-٦٠ بالنسبة لأحد المعسكرين، وبين ٧٠-٨٠ بالنسبة للمعسكر الأخر(*).

وربما أمكن فى المنظور القريب الاتفاق على هذه المشكلة المستعصية. وما زال الفلكيون عاكفين على قياس ثابت هابل، عبر مسافات تعد دقيقة إذا ما قيست بأبعاد الكون الشاسعة. وعسى أن تأتينا القياسات لدى مسافات أبعد فى نهاية الأمر بالقيمة الصحيحة، أو تزودنا بفهم أفضل لكثافة الكون.

ومن الواضح أننا يجب أن نبقى على احتمال مفتوح أننا ما زلنا نرصد مجرد ركن ضئيل من الكون. فآفاقنا فى فهم الكون آخذة فى الامتداد مع كل تقدم فى تقنيات المراقب، إلى جانب التقدم المرتقب فى علم الكونيات.

١-١-٩ كيف بدأ الكون:

ليس من شأن عالم الكواكب، المعتاد على التعامل مع تكويناتها الصخرية، أن ينخرط بعمق فى مثل هذا الشأن، غير أن هذا التعمق يعين على تزويده بمنظور ضئيل عن موقعنا من الكون. وفى أية محاضرة عامة عن المنظومة الشمسية، بوسعك أن تتأكد من تداول السؤالين التاليين: الأول عن الأجسام الطائرة غير محدودة الهوية UFOS[٦]، والثانى عن الانفجار العظيم. وأنا هنا أسلم قيادى للوصف الممتاز للانفجار العظيم الذى تجده فى كتاب: "الثلاث دقائق الأولى" الصادر عام ١٩٧٧ لستيفان فاينبيرج (المولود عام ١٩٣٣):

(*) طبقا لأحداث التقديرات التى تمت عام ٢٠٠٩ تبلغ قيمة ثابت هابل نحو ٧٤و٢ × ٦و٣ كيلومتر فى الثانية لكل ميجابارسك. (المترجم)

سنبسلم – افتراضا – بحدوث حقبة من الانتفاخ السريع فى المراحل المبكرة من الانفجار العظيم، حتى نتجاوز مشاكل تمدد الكون ابتداءً من حالة عظيمة الكثافة. وقد تنبأ هذا النموذج بأن عدم انتظامات ضئيلة قد وقعت فى خلال التمدد الانتفاخى يمكن أن يعزى إليها ما نرصده من الطبيعة التكتلية للكون، ومن هنا جاءت (البذور) التى نمت – فى خاتمة المطاف – إلى مجرات. لقد عثرنا على هذه التغيرات الضئيلة للغاية فى الإشعاع الذى يمثل البصيص الخافت المتبقى من الانفجار العظيم وهو ما يوطد من أركان افتراضية الانتفاخ.

على أية حال، وتمشيا مع هذا النموذج فلا بد وأن كثافة الكون – إجمالا – كانت مقاربة جدا للمقدار المطلوب حتى يتوقف التمدد فى النهاية. والحد الشهير أوميجا ينبغى أن يساوى الواحد الصحيح. والمشكلة – كما سبق وأن ذكرت هى أن كمية المادة التى بمقدورنا رصدها أو التسليم بوجودها فى الكون لا تزيد على ١٠٪ من ذلك القدر المطلوب، أما التسعة أعشار فمختف فى مكان ما. وبالنسبة لنا، يبدو الفضاء الخاوى قليل الكثافة، إلا أن النظرية تنبئنا أن الكثافة كانت أكثر بعشر مرات فى الكون المبكر.

شمر الفلكيون عن سواعدهم لمجابهة هذا التحدى، وطرحوا الفكرة بأن الجسيمات النووية المختلفة هى المرشحة لتكون هى هذه المادة القاتمة المفتقدة، والجسيمات الكثيفة ذات التأثير المتبادل الضعيف فيما بينها أو الومبات Wimps(*) مفضلة لتكون هى، وفى الطريق بحوث مكثفة لاستقصاء كنه تلك الكائنات الغير مألوفة والمراوغة التى يبدو ظهور الجان إلى جانبها حقيقة راسخة ومؤكدة.

على كل حال، ليس الاندهاش بالأمر الجديد علينا. فقد سبق واستولى علينا عندما اكتشفنا أن الأرض كروية وليست مسطحة، وأنها تدور حول الشمس. وكلا العقيدتين بدت – للأقدمين – باعثة على السخرية. (ولعل ما نراه، هو الموجود فى الواقع).

(*) الومب Wimp : هو اختصار بالحروف الأولى من عبارة Weakly interacting massive particles.
(المترجم)

لو أن الكون كان ذا كثافة مثل تلك التي تستوجبها النظرية، لتباطأ التمدد بمرور الزمن بفعل الجاذبية. ولكن لا يبدو أن ذلك حدث، فعلماء الفلك الذين يتأملون في ماض عمره سبعة بلايين سنة (لعلها نصف عمر الكون) لا يجدون إلا النزر اليسير الذي يؤكد هذا التباطوء المتنبأ به. ويلوح أن الكون لا يملك إلا كثافة طفيفة غير كافية لإيقاف التمدد. ترى هل سيستمر تباعد أرجائه إلى الأبد، أم أن النظرية في حاجة إلى إعادة نظر؟ يا لها من لحظة مثيرة حقا لعلماء الفلك!

هناك ثلاثة أدلة تستخدم بصفة عامة لدعم نموذج الانفجار العظيم الذي يحظى حاليا بالقبول: أولها أن هناك بصيصا خافتا (وهو بمثابة جذوة ذات درجة حرارة عالية متخلفة من الانفجار العظيم) يتسرب خلال الفضاء. وكنتيجة للتمدد فإننا نرصد انزياح طيف هذه البقايا من زمن الانفجار العظيم ناحية الأحمر.. إلى أطوال موجية تبلغ حوالي ١ سم في نطاق الموجات متناهية الصغر. ولقد هبطت درجة الحرارة إلى ٧٣و٢ على مقياس كلفن، قريبا من درجة الصفر المطلق.

وحيث أن هذه هي أول إشارة إلى مقياس كلفن لدرجات الحرارة، فبوسع القراء من غير ذوي الدراية به أن يرجعوا إلى مقدمة الكتاب لمزيد من المعلومات عنه.

والدليل الثاني الذي يزكي فكرة الانفجار العظيم هو ما نجده من توافق ما بين مستوى الوفرة في الريتيريوم(*) والهيليوم والليثيوم الذي نرصده مع تنبؤات النظرية. والدليل الثالث هو تلك الملحوظة الطريفة عن إظلام السماء ليلا:

(*) الديتيريوم: هو نظير isotope ثقيل ومستقر لعنصر الهيدروجين تحتوي نواته على بروتون واحد ونيوترون واحد ووزنه الذري ١٤٤و٢ . (المترجم)

١-١-١٠ إظلام السماء ليلا:

تحول هذا إلى واحد من أكثر الأسئلة إثارة للاهتمام فى علوم الكونيات: لماذا تظلم السماء ليلا؟ كان "كورين" الراعى البسيط فى مسرحية شكسبير "كما تهواه" يعرف أن "السبب العظيم فى قدوم الليل هو اختفاء الشمس"(٧). على أن المسألة ليست بهذه البساطة. إذا كان الكون ممتدا إلى مالا نهاية، مكتظا بالنجوم، فلا بد وأن يتقاطع أى خط إبصار -فى النهاية- مع نجم ما. ومادام الأمر كذلك، فلا بد وأن تتوهج سماء الليل، وكذلك السماء المضيئة نهارا، بالنجوم.

ظلت هذه المشكلة بلا حل لفترة طويلة. طرح ثوماس ديجيز (١٥٤٦؟-١٥٩٥) هذه المسألة فى كتاباته بإنجلترا عام ١٥٧٦، معتقدا أن الكون محدود ونهائى وأن امتصاص الضوء من النجوم القصية هو المسئول عن الظلام فى السماء ليلا.

وقد فكر كبلر فى هذه المسألة، وقرر أنها تشير إلى أن الكون ربما لا يكون محدودا. ما كنا ننظر إليه بين النجوم هو الظلام الحال خارج الكون. على أن المشكلة ذاعت شهرتها باسم "مفارقة أولبرز" حيث أشاعها عالم الفلك الألمانى هينريخ أولبرز (١٧٥٨-١٨٤٠) فى عام ١٨٢٣، وكان من حسن طالعنا أن إدوارد هاريسون (المولود عام ١٩١٩) قد كتب عام ١٩٨٧ مؤلفه الأنيق: "ظلام الليل، أحجية الكون"، وأورد فيه كل الحلول الساذجة التى اقترحت لحل هذه المشكلة.

إن حقيقة إظلام السماء ليلا تبين أن الكون ليس بالمحدود ولا بالأبدى ولا بالمكتظ بالنجوم. وهناك العديد من الأسباب. فللنجوم أعمار محدودة، وهى تحترق تماماً عبر حقب تتراوح ما بين الملايين والبلايين من السنين. وقد بعثر تمدد الكون - منذ الانفجار العظيم- المجرات والنجوم. ولقد انزاح الضوء الوافد من النجوم والمجرات البعيدة نحو أطوال موجية أطول، بما خرج به عن النطاق المرئى.

وإذا كان عمر الكون كما نراه ١٥ بليون سنة فإن الضوء القادم من المناطق الأكثر بعدا لم يتسن له الوقت ليصل لنا. ففي البدء لا بد وأن السماء كانت نيرة. أما الآن فقد حال الانفجار العظيم إلى بصيص خافت، ذى درجة حرارة لا تصل إلى ٣ درجات فوق الصفر المطلق.

طرح لورد كالفن أول رؤية مبكرة نحو الحل الصحيح، - وكذلك فعل - وهو الأمر الذى يدعو للدهشة - إدجار آلان بو (١٨٠٩-١٨٤٩) فى قصيدته يوريكا **Eureka**. فقد تحقق من أننا حين ننظر إلى السماء، فإنما ننظر للظلام الذى كان موجودا قبل الكون. (من الواضح أن على المرء أن يصغى إلى ما يقوله الشعراء).

على كل حال يبدو من السابق لأوانه أن نفترض أن بحوزتنا حلا فاصلا لمشكلة جوهرية وهى أصل الكون. هناك بضع مشاكل فى النموذج القياسى للانفجار العظيم. وعلى الرغم من أن وفرة العناصر الخفيفة التى نرصدها تشكل برهانا عليه ومن ثم تم قبوله على نطاق واسع، فإنه ما زال محل تساؤل جاد. فالمشكلة تعتمد بشدة على مقدار الهليوم المفترض أنه تكون فى الأصل، حيث تحدده بعض التقديرات الحديثة بأقل من المقدار الذى تم التنبؤ به بما يتواءم مع نموذج الانفجار العظيم.

وفى النهاية فإن وجود المجرات ذات المظهر الطبيعى على مسافات هائلة، والأعمار المديدة المستقاة من وفرة الثوريوم فى النجوم العتيقة، تبدو لمن يراجعها دليلا له من الجدية ما يكفى للميل إلى تقبل فكرة كون أطول عمرا أكثر من فكرة كون ذى عمر أصغر.

طالما كان المعتقد بأن الكون قد بدأ عند نقطة قاطعة غير مقنع من الناحية الفلسفية. لقد عد الانفجار العظيم حدثا غير ذى علة. وعلى أية حال، ورغم كل هذه المشكلات، فإنه يمثل التفسير العلمى الوحيد المقبول فى الوقت الراهن لأصل الكون.

ومازالت القضية مفتوحة، مثلها مثل الكثير غيرها فى علم الكونيات. وما نحن بحاجة إليه حقا هو بيانات جديدة لا المزيد من النظريات. لقد حان الوقت لكى يعود من يدرس الكواكب إلى جيرانه الأقربين.

١-٢ النجوم والشمس

١-٢-١ أهو نجم عادى أم نجم حديقة!

إن الشمس، والمنظومة الشمسية (والتى تشملنا نحن أنفسنا) وافدون جدد إلى الكون. لقد تواجد الكون لمدة ١٠ بليون سنة أو نحو ذلك قبل أن تتشكل المنظومة الشمسية، ولقد انقضت أربعة بلايين ونصف البليون سنة قبل أن يبرز الإنسان المعاصر Homo Sapiens إلى الوجود، ويتجول مستطلعا ما حوله، وعندما تكونت المنظومة الشمسية كان الكون قد استقر منذ أمد طويل على مظهره *المألوف لنا الآن*. ولقد تناثرت العناصر الكيميائية التى تكونت فى المراحل الباكرة، فى الفضاءات ما بين النجوم التى كانت تولد وتهلك.

ولقد دامت هذه العمليات لدهور تعز على الإحصاء. ومثلما يقول المثل: "طواحين الرب تطحن بتؤدة وبطء"(*)، فقد حولت هذه العمليات ٢٪ فقط من الهيدروجين والهيليوم اللذين تواجدا فى *البداية*، إلى عناصر أثقل خلال تلك الحقبة هائلة الامتداد. وتشمل هذه العناصر الكربون، والأكسجين وسواهما من العناصر التى تمثل لنا أهمية قصوى.

(*) "طواحين الرب تطحن بتؤدة وبطء" "The mills OF God grind Slowly" مثل دارج مؤداه: إن عاجلا أو آجلا فستأتى النهاية المرتقبة . (المترجم)

ولو أن مسافرا عبر الزمان عاد أدراجه لأربعة بلايين ونصف البليون من الأعوام لما أمكنه إلا بالكاد أن يلحظ تشكيل نجم عادى آخر، ولا أن يلحظ أى ملمح مميز لهذه العملية. لعله كان سيبدو له كنجم منفرد، ذى قرص غبارى، فى وسط غابة من منظومات من النجوم الثنائية أو الثلاثية.

وإذا مر مسافرنا عبر الزمن مرة أخرى فى خلال ملايين معدودة من السنوات، فسيجد أن القرص قد اختفى، وحل محله مجموعة من ثمانية كواكب مختلفة وستين تابعا (قمرا) منسقة تحيط بها سحابة من المذنبات. ترى هل كان هذا المشهد فريدا أم مألوفا؟ وهل كانت هناك (نسخ) أخرى من هذه الكواكب فى مكان آخر؟ إن هذه الأسئلة هى موضوع هذا الكتاب.

١-٢-٢ النجوم والكواكب: أى فرق بينها:

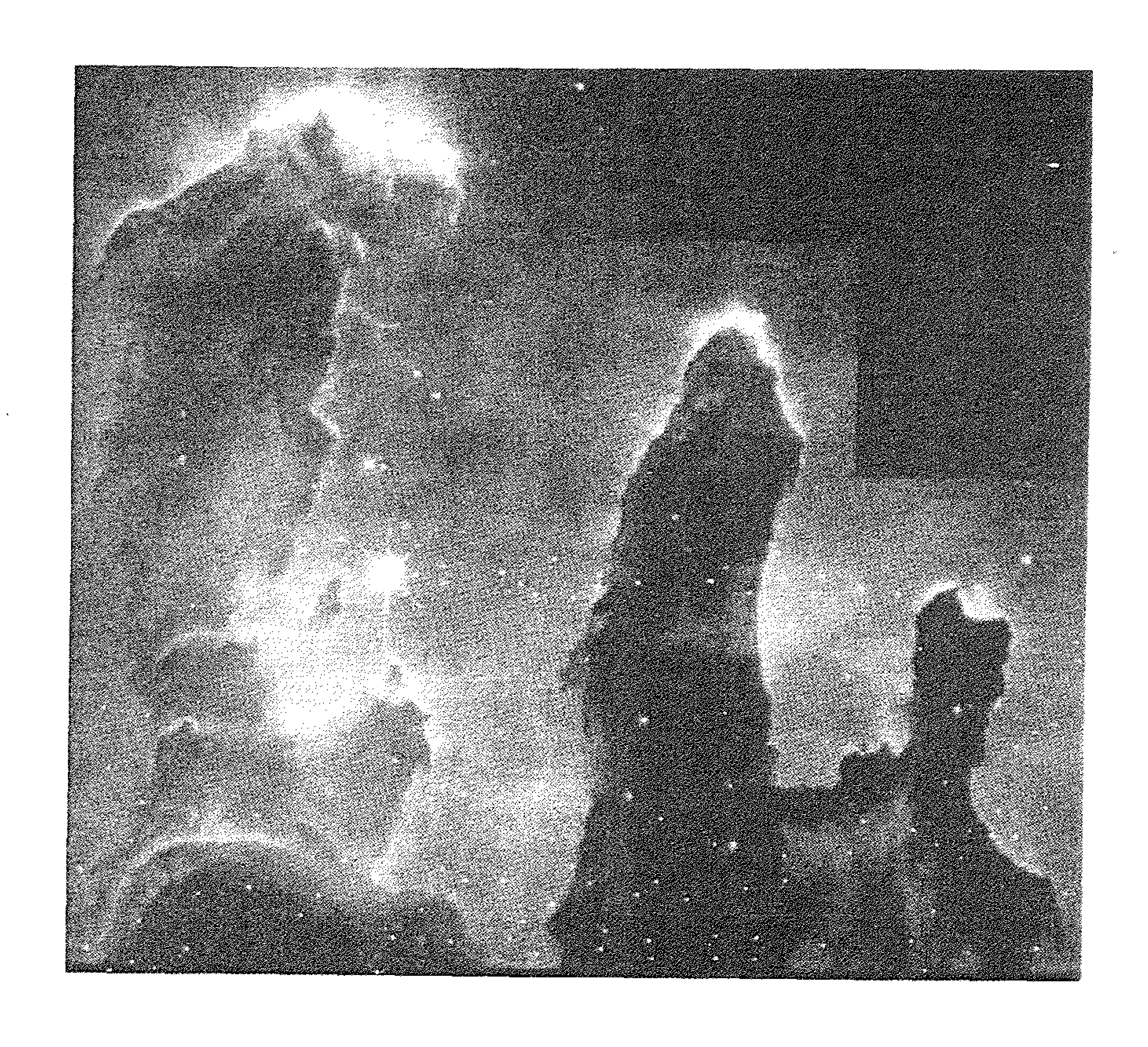
نحن نرى أن منظومتنا الشمسية من الكواكب قد تشكلت فى أسلوب متميز عن أسلوب تشكل الشمس. ومنذ بضع سنوات فقط، كنا جد واثقين من أن نفس الشىء ينطبق عبر الكون كله. على أننا لسنا على نفس هذه الدرجة من الثقة اليوم. فالمنظومات الكواكبية الأخرى تلوح لنا مختلفة، والأقراص من الغاز والغبار تتبدل وتتحور بطرق شتى، اعتمادا على حجمها وعلى سرعة دورانها حول نفسها.

والنجوم أبسط تركيبا من الكواكب، على الأقل من وجهة نظر عالم الكواكب. ومراحل تطور النجوم يمكن دراستها خلال معظم هذه المراحل. ومن ثم فإن لدى علماء الفلك ميزة لا تتوفر لدى علماء الكواكب بل ولا لدى دارسى التاريخ. فبمقدور علماء الفلك أن يرنوا إلى الوراء.. إلى الزمن الماضى. وبقدر ضخامة الكون المترامى بوسعهم أن يجدوا عينات سواء للنجوم أم للمجرات فى المراحل الابتدائية من مسيرة تطورها.

ولقد أصبحنا - وبقدر معقول - على بينة من أصل النجوم ذات حجم مقارب لحجم الشمس. على أننا لم نعد واثقين فيما يتعلق بأقرباء لها ذات أجرام ضئيلة، تتداخل نطاق كتلها مع كتل كواكبنا الأكبر حجما.

تتشكل النجوم بتكاثف الغاز الذى يكون قد انفصل عن سحب الغاز والغبار الكثيفة. (انظر شكل ٧). وفيما يتقلص الغاز تحت تأثير الجاذبية متحورا إلى نجم، يرتفع كل من درجة الحرارة والضغط إلى الحد الذى يضرم الأتون النووى، بادئا فى تحويل الهيدروجين إلى هليوم. ويولد هذا مصدرا هائلا للطاقة يؤدى إلى تألق الشمس المعتاد الذى نتمتع به جميعا.

وتوازن الحرارة الناجمة قوة السحق الناتجة عن الجاذبية والتى تحاول أن تقوض النجم. وكأى لهب، يبقى النجم على قيد الحياة طالما توفر له الوقود اللازم لذلك.



شكل (٧)

جزء من سديم "النسر" (م ١٦) الذى يبعد عن الأرض بحوالى ٧٠٠٠ سنة ضوئية. ويصل طول أعمدته الهائلة إلى نحو السنة الضوئية وتتولد من تآكل السحابة الجزيئية بفعل الأشعة فوق البنفسجية من النجوم الصغيرة المجاورة. والكريات الكثيفة لدى قمم الأعمدة ربما تكون مواضع لتكون نجوم جديدة (صورة بمرقاب هابل الفضائى - بتصريح من ب. سكووين، ج.ج هيستر ووكالة ناسا).

وقبل أن يخلد النجم إلى مرحلة طويلة الأمد من الاستقرار في أواسط عمره، يتعرض لفورة من السلوك العنيف، شأنه شأن معظم الكائنات الأخرى في ريعان شبابها. ويطلق على هذه الفورة المبكرة -على سبيل الدعابة - اسم T Tauri أو FU Orionis، وهي تسمية تربطها بأمثلة من الأنجم الشابة عنيفة الفوران. ومن المعتقد بصفة عامة أن الشمس في عمرها المبكر مرت بمراحل مشابهة.

ودورة حياة النجوم مفهومة جيدا. وعلى سبيل المثال فإن النجم القريب بيتا هيدرى Beta Hydri شديد الشبه بشمسنا ويبلغ عمره تسعة بلايين عام، أي ضعف عمر شمسنا (وهكذا تزودنا أرصادنا بهذا التأكيد المريح بما تبقى لشمسنا - وبالتالي لمنظومتنا الشمسية - من عمر مديد). على أننا بالمثل نطالع النهاية الكارثية للنجوم. فبدنو عمرها من نهايته، سيعاود الشمس عنفها ثانية، وكأنما تلبستها لوثة من الخبل، وهو ما سأتحدث عنه لاحقا.

ويصير للنجم كتلة تعادل ٨٠ ضعفا من كتلة المشترى، قبل أن يصبح ضغطه الداخلي ودرجة حرارته الداخلية كافيين لإشعال (فرنه النووى). والشمس - وهي ليست متميزة عن النجوم المشابهة - لها كتلة تعادل ١٠٠٠ ضعف كتلة المشترى، فهي في مرحلة تألقها كما نلاحظ كلنا!

١-٢-٣ النجوم المفردة والثنائية:

ليست النجوم المفردة بالشائعة كثيرا، بل يمكن القول بأنها نادرة إذا ما قورنت بالنجوم الثنائية. وهذه الأزواج تمثل معظم النجوم التي نشاهدها. وحتى النجوم الثلاثية شائعة بالمثل بحيث أن ثلاثة أرباع النجوم تعيش في منظومات ثنائية أو ثلاثية.

ورغم افتراض أن الشمس والمشترى يمثلان نوعا من منظومة نجم ثنائى لم يحالفها التوفيق، فإن هذه الفكرة تتغاضى عن الفرق الجوهرى بين العمليات المسئولة عن تكون الكواكب وتلك المؤدية لتكون النجوم فى منظومتنا الشمسية، وكما سيتضح فيما بعد، فليس المشترى بنجم أخفق وتكون من تكاثف سحابة غاز، وإنما هو كوكب حقيقى، تشكل على مهل شيئا فشيئا.

وأجدنى محتاجا إلى التمعن قليلا فى مشكلة تشكل النجوم الثنائية، من أجل فصل هذه العملية عن تكون الكواكب. وهناك العديد من التفسيرات الكلاسيكية لتكون النجوم الثنائية، تذكرنا بذلك التفسير العتيق عن أصل القمر. ويتضمن أبسط هذه النماذج استحواذ نجم على نجم آخر، وثانيها، تهشم نجم إلى جزءين بالانشطار.

على أن فكرة ثالثة تقول بارتباط نجمين معا ودنوهما من بعضهما (لكأنه زواج بين شخصين ينتميان إلى نفس القرية). وهناك مشكلات تكتنف جميع هذه التفسيرات. فنموذج الاستحواذ لا يفسر لماذا تتقارب قيمتا كتلتى النجمين غالبا (فالعمالقة لا تصاحب الأقزام). والمرء قد يتوقع أن التابع المستحوذ عليه قد يكون ذا حجم يختلف كثيرا.

والانشطار، على النقيض يستوجب أن يدور النجم (الأب) بسرعة تكفى لكى يتطاير منقسما إلى جزءين، ويصعب أن يدور نجم بمثل هذه السرعة. وختاما، فإن ارتباط النجوم التى نشأت منفصلة معا يندر أن يصلح تفسيرا. وفى واقع الأمر يلوح أن النجوم الثنائية تتشكل بسهولة من انهيار سحب الغاز الدوارة والتى تتحور هيئتها إلى ما يشبه الدمبل(*) (Dumbbells).

(*) الدمبل. ثقل مكون من قضيب قصير مع كرة أو قرص عند طرفيه. (المترجم)

ما الذى يجعل الأفضلية لتكون النجوم الثنائية فى المقام الأول، بدلا من تكون منظومة من نجم وكواكبه؟ تبدو الإجابة مرتبطة بكلا العاملين: كتلة شظايا سحب الجزيئات، وسرعة دورانها. ومن ثم فإن مسألة تكون نجم أحادى أو نجم ثنائى هى فى جوهرها عشوائية، إنها مجرد نتيجة مترتبة على حجم شظايا السحب الابتدائية وسرعة دورانها.

وبناءً على هذين العاملين يتحدد الوجود النهائى لمنظومتنا الشمسية، ووجودنا نحن الأحياء عليها. فسحابة أضخم وأسرع فى دورانها لا تفرز شمسا مركزية وحولها كواكبها، وإنما تفرز نجما ثنائيا. ولو كان ذلك ما حدث، فلم يكن مقدرا لنا ربما أن نكون هنا، نتدارس هذه المشكلة.

ورغم أن الكواكب قد تتكون حول النجوم الثنائية (ولدينا مثال واحد واضح على الأقل) فإن المرجح أن المسارات المعقدة لا يحتمل أن تخلق بيئة متجانسة تتيح لحياة ذكية أن تتطور وترقى نظرا للتباينات الشاسعة فى درجة الحرارة على سطح الكوكب فى أثناء دنوه وابتعاده عن شمسيه الاثنتين.

١-٢-٤ بنية النجوم:

إن تكون النجوم الطبيعية هو أحد القضايا الكلاسيكية فى علم الفلك. فبرغم أننا مستوعبون له بما يكفى، فما زالت هناك بعض المشاكل العالقة دونما حل فيما يتصل بميلاد النجوم. فالنجوم تتشكل بمعدلات تتباين تباينا هائلا فى الأنواع المختلفة من المجرات، اعتمادا على مقدار الغاز المتاح.

ويبدو أن مجرتنا -شأنها شأن معظم المجرات الحلزونية- قد أخذت فى تشكيل نجومها بمعدل يغلب عليه الانتظام عبر مدى طويل. ولقد استنفدت كثير من المجرات الإهليلجية كل الغاز المتاح لها، بحيث توقف فيها تشكل النجوم، فى حين أن غيرها،

وخصوصا حيث اصطدمت مجرتان وتولد مدد جديد من الغاز، تلد نجوما بغزارة - فيما يشبه الحمى - وقد صدق من أطلق عليها: "انفجارات من النجوم". على كل حال فيبدو أن العملية الأساسية فى تكون النجم هى هى، إلا أن معدل التكون هو الذى يتغير.

تتشكل النجوم بعد أن تنفصل شظايا من سحب الغاز والغبار المعتمة، والتى تقع عادة فى الأذرع اللولبية لمجرتنا (شكل ٨)، وهى المسماة بالسحب الجزيئية العملاقة، وهى أكثف الأجرام فى المجرة. وتتكون من تكتلات عديدة أصغر حجما، لعل قطرها يبلغ مائة سنة ضوئية أو نحوها، وتحوى من الغاز ما يكفى لتكوين مليون نجم.

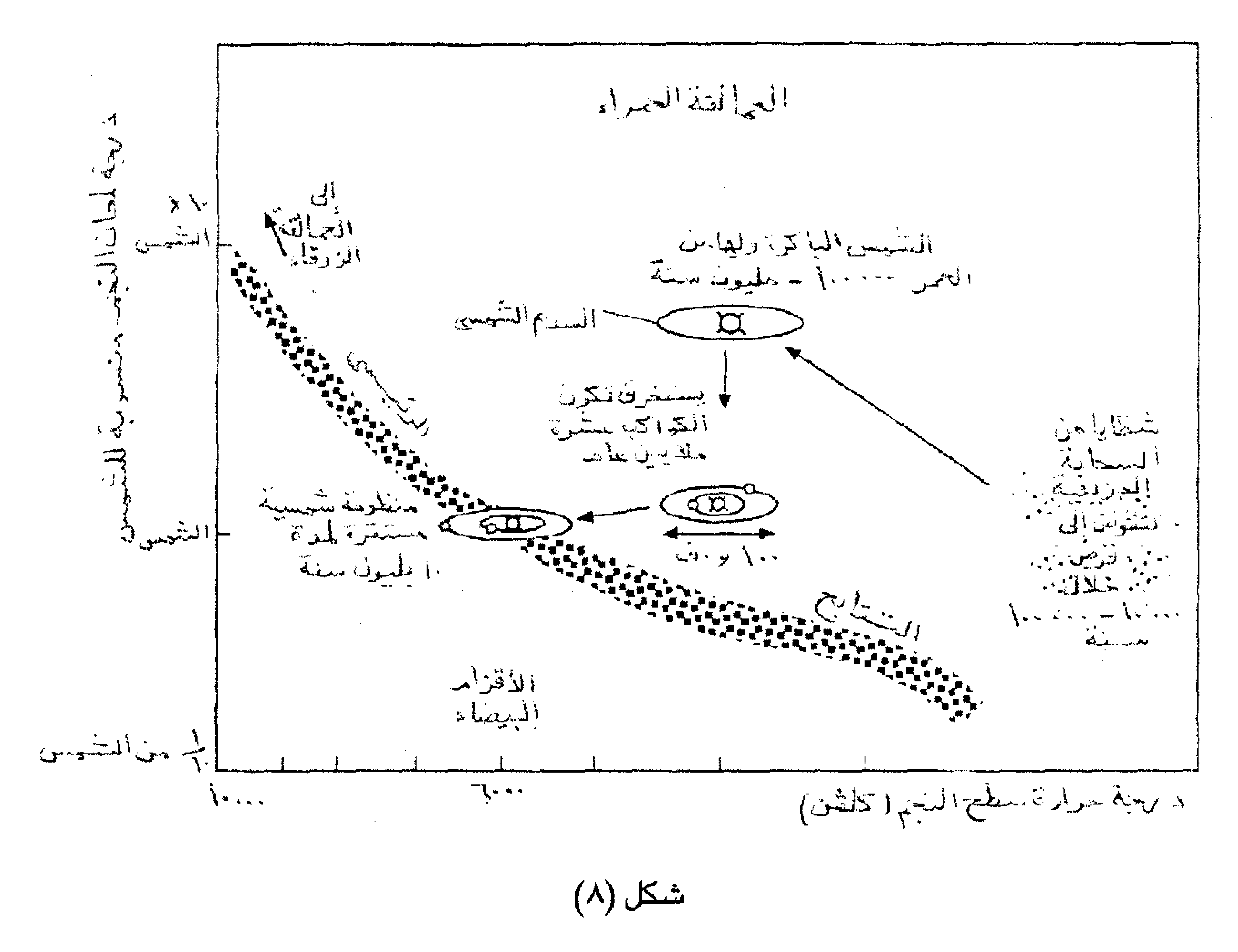
والنموذج الكلاسيكى للسحابة الجزيئية العملاقة هو سديم (الجبار)(*)، الذى يمثل (النجم) الأوسط فى سيف (الجبار)، والمسمى بالصياد. (إنها مجرد مصادفة تاريخية أن يستعمل مصطلح "السديم" لوصف كل من هذه السحب الهائلة وكذلك قرص الغاز والغبار الأصغر منها كثيرا.. وهو السديم الشمسى الذى تكونت منه منظومتنا الكوكبية).

فى هذه السحب العملاقة تدبرت الطبيعة أمرها فكونت العديد من الجزيئات المركبة، معظمها من الهيدروجين، والأكسجين والنيتروجين والكربون. وقد تم التعرف على ما يربو على المائة مركب عضوى. فهناك ما يكفى من الكحول الإيثيلى، (تلك المادة الشائعة غير السامة) لا كى يغرق سفينة فحسب، بل ليغرق الأرض برمتها.

والكثير من السحب يحوى تكتلات ذات كثافة قليلة، يبلغ عرضها النمطى عُشر سنة ضوئية، وتبلغ كتلتها كتلة الشمس. وهذه التجمعات هى الموضع الذى

(*) الجبار: مجموعة تظهر أوضح ما تكون فى ليالى الشتاء بين برجى الثور والجوزاء. (المترجم)

تتكون فيه النجوم. ويستغرق تقوّض الغاز بفعل الجاذبية إلى النقطة التى يرتفع فيها الضغط ودرجة الحرارة بما يكفى لإشعال الفرن (الأتون) النووى نحوا من مائة ألف عام.



شكل (٨)

تكون الشمس والكواكب، بدءًا من انهيار شظية من السحابة الجزيئية إلى قرص (هو السديم الشمسى). وإذ يتكون النجم المركزى وتأخذ درجة حرارته فى الارتفاع، فإنه يحل فى النهاية ضمن التتابع الرئيسى **Main Sequence** من النجوم، حيث يستقر الوضع بالشمس وكواكبها لنحو ١٠ بليون عام، ويبين الشكل التتابع الرئيسى مع العلاقة البيانية الشهيرة (منحنى هيرتسبرونج- راسل) بين درجة حرارة النجم ودرجة سطوعه أو لمعانه.

ولكن لماذا لا يتضخم حجم النجوم إلى مالا نهاية؟ إن مثل هذه الأسئلة البسيطة (لماذا يكون لمعظم النجوم نفس الحجم تقريبا) شأنها كشأن أمور أخرى مشابهة (لماذا تبدو السماء معتمة ليلا؟) غالبا ما تحجب حقائق جوهرية. فهناك تعليل واضح لتوقف النجوم عن التضخم. فهى تلفظ الغاز بعيدا عن القرص المحيط بها مع بدء لمعانها. ولكن ما الذى يمنع الغاز من السقوط إلى الداخل؟ إن الإجابة تكمن فى تأثير الرياح (النجمية) العنيفة.

فهذه الرياح تعكس اتجاه سريان المادة داخل النجم. ومن ثم فإن ذلك يحدّ من أحجام النجوم، فلا تنمو كتلتها إلى ما لا نهاية. ويحدث الاشتعال فى الفرن النووى عندما تبلغ الكتلة نحوا من ثلث كتلة الشمس ,فتنبثق حينئذ تيارات مندفعة من الغاز والمادة إلى خارج النجم الفتىّ الفوار ,وهو ما يمنع الغاز من السقوط إلى الداخل. إن الغاز والغبار يكونان الآن قرصا حلزونيا حول النجم الجديد ,وينتهى الأمر بنجم فى المركز يحف به قرص دوار ,ربما تتشكل منه بعدئذ بعض الكواكب.

ونحن نطالع الدليل على هذه الرياح العنيفة المبكرة فى نجمى تى الثور T Tauri، إف يو الجبار FU Orionis. فهذان النجمان الفتيان لا يصل عمر أى منهما إلى مليون عام. وترجع أهميتهما إلى أنهما يخبراننا كيف كانت تلوح شمسنا فى الزمن المبكر، ومن ثم فإنهما يغطيان حقبة مصيرية فى تطور منظومتنا الشمسية. وكثير من أمثال هذين النجمين محاط بأقراص من غبار قد تتكون منها كواكب.

ومما يثير الكثير من حب الاستطلاع ما تحققنا منه حديثًا فقط من أن الشمس وسواها من النجوم مكونة بكاملها تقريبا من غازى الهيدروجين والهيليوم. ولم تتأكد هذه الوفرة العالية لهذين الغازين فى الشمس والنجوم الأخرى إلا نحو سنة ١٩٢٥ . ونتعجب من أن مثل هذه الحقيقة الكونية تعد بمثابة اكتشاف حديث! فالشمس تحتوى على ٢٪ فقط من عناصر أثقل من الهيليوم.

وفى عـالم الفلك، يشـار إلى كل هذه العناصـر المتنوعـة ، بما فـيـهـا الكلور والنيتروجين والأكسجين والكبريت، على أنها (فلزات) (أليس فى هذا ما يثير حفيظة الكيميائيين؟). إن قصة تكون هذه العناصر الكيميائية والتى تناولها بالتحليل كل من الفيزياء النووية والفيزياء الفلكية وعلم الفلك فى عقد الخمسينيات لهى أحد انتصارات البشرية العظيمة فى فهم الكون، وهو ما يتعين علينا أن نلم به فى هذا السياق.

١-٢-٥ المصير الذى ينتظر الشمس:

فى غضون خمسة بلايين سنة ستلاقى شمسنا فى النهاية حتفها. فإذا ما نفد الهيدروجين فى قلبها، وتوقف عمل الفرن النووى، تبدأ قوى الجاذبية فى الهيمنة. وبتقلص الشمس يتصاعد الضغط بداخلها حتى النقطة التى يشتعل فيها الفرن من جديد، محرقا للهيدروجين فى قشرة خارج باطن الشمس.

وإبان ذلك تنتفخ الشمس، متحورة إلى عملاق أحمر، ومنبسطة نحو الخارج لتصل -فى غضون بضعة ملايين من السنين- إلى مدار الزهرة. وعلى أية حال فإنها ستكون قد لفظت ربما ربع كتلتها فى تلك العملية.

وتعود الشمس إلى التقلص فى الحجم مع توقف عملية الاحتراق . وعندما تبلغ درجة حرارة الباطن ١٠٠ مليون درجة مئوية تبدأ دورة ثانية من الاندماج النووى يدخل فيها الهيليوم.

وتنتفخ الشمس كرة أخرى – كالبالون – إلى عملاق أحمر. وفى هذه المرة تتولد العناصر النافعة كالكربون والأكسجين فى هذا الأتون الملتهب . ويلى ذلك تطورات وأحداث تلفظ الشمس خلالها أغلب كتلتها.

وتتناثر تلك العناصر النافعة التى أنتجتها الشمس فى الفضاء، موفرة المادة التى تتشكل منها نجوم جديدة. ومع توقف الأتون نهائيا لنفاد الوقود، تنطلق قوى الجاذبية

المسيطرة، وتتقلص الشمس – التى بلغت من الكبر عتيا – إلى قزم أبيض، له حجم الأرض تقريبا. وسيكون هذا الكيان الضئيل من الكثافة بحيث أن سنتيمترا مكعبا واحدا منه سيزن عدة أطنان، (وهو تحد يتخطى بكثير قدرات أبطال رفع الأثقال).

ولن يكون للشمس من الكتلة ما يكفي لتقوضها إلى ثقب أسود، فهذا المصير تختص به النجوم ذات الكتلة الأكبر. وفى خاتمة المطاف ، ستؤول شمسنا المتألقة إلى قزم أسود .. غير مرئى.

١–٢–٦ الأقزام الحمراء، والأقزام البنية، أقرباء ضئيلون محتملون لشمسنا

الأقزام الحمراء هى نجوم أصغر من الشمس، وأصغرها تصل كتلته إلى عُشر كتلة الشمس . والنجوم التى لا تقل عن شمسنا إلا قليلا جمة الشيوع، ولعل نحو ثمانين بالمائة من كل النجوم القريبة منا أقزام حمراء.

أما النجوم الأصغر فتبدو أكثر ندرة . ويلوح أن أعدادها تتناقص بمعدل سريع بالنسبة للنجوم التى تقل كتلتها عن ٢٠٪ من كتلة الشمس. ومهما يكن، فمثله مثل الأمور العلمية الأخرى، ربما يكون هذا التناقص ظاهريا أكثر من كونه حقيقيا، ويرجع هذا إلى أن الصعوبة التى تواكب رصد هذه الأجرام الصغيرة أكثر من الصعوبة التى تكتنف غيابها.

وما بين نطاق أضأل الأقزام الحمراء، والكواكب الضخمة مثل المشترى يقع عالم "الأقزام البنية ". وتنبع أهميتها هنا من أن بعضا من الكواكب الجديدة ربما كانت تمت لها بصلة القربى . فالأقزام البنية وان كانت نجوما، إلا أنها – بمعيار النجوم – بالغة البرودة، فهى من الصغر بحيث لا يصل ضغطها ولا درجة حرارتها لما يكفى من

الارتفاع كى (يحترق)(*) الهيدروجين إلى هيليوم. وشأنها شأن "الكيوى"(**) "Kiwi". فى موطنى الأم نيوزيلندة . تظل الأقزام البنية ذات طبيعة مبهمة (كأنها الوهم). ومثل الأصناف النادرة الأخرى كلفنا البحث عن هذه الأجرام كثيرا من الجهد. وتوجد أصلح الميادين لتصيدها فى عناقيد النجوم صغيرة السن، وأحدها هو "عنقود هياديز" "Hyades cluster"وهى مجموعة نجوم جميلة ضمن برج الثور الذى يقع ما بين الثريا "بليديس "pleides ذات النجوم السبعة (أو الشقيقات السبع) والمجموعة النجمية البديعة (الجبار أو الصياد). ويتكون هذا العنقود من عدة مئات من النجوم تبعد حوالى ١٣٠ سنة ضوئية عن منظومتنا الشمسية.

لقد تكونت النجوم فى "هياديز" منذ حوالى ٦٠٠ مليون سنة، فى ذلك الوقت الذى كانت الأرض تموج فيه بضروب متنوعة من أشكال الحياة والذى كان فيه أول ظهور للحيوانات ذات القشرة الصلدة على سطحها، وهى تلك التى نراها فى هيئة الكائنات ثلاثية الفصوص (التريلوبايت Trilobites) وغيرها من أنواع حفظتها الطبيعة كأحافير فى طبقات الأرض التى تعود إلى العصر الكامبرى(***) Cambrian age ، شأنها شأن الكائنات الرخوة التى حافظت عليها الطبيعة بشكل رائع من حيوانات منقرضة فى بورجيس شيل(****) Burgess shale والتى كانت وقتئذ طينا على قاع المحيط والتى

(*) استعمال مصطلح الاحتراق هنا مجازى فقط، فتحول الهيدروجين إلى هيليوم هو عملية اندماج نووى تختلف عن عملية الاحتراق الكيميائى المألوف. (المترجم)

(**) الكيوى: Kiwi طائر موطنه نيوزيلندا ذو منقار طويل رفيع وله أجنحة وإن كان لا يطير. (المترجم)

(***) العصر الكامبرى: هو أحد عصور الحقبة الباليوزوية، حل منذ ٥٠٠ إلى ٦٠٠ مليون سنة. (المترجم)

(****) بورجيس شيل Burgess shale: هى منطقة تقع فى جبال روكى الكندية (كولومبيا البريطانية) بها أكبر مواقع الأحافير فى العالم المحفوظة فى حالة جيدة منذ ٥٠٠ مليون سنة فى العصر الكامبرى الوسيط. (المترجم)

ستتطور فى النهاية لتصبح جزءا من جبال روكى فى كولومبيا البريطانية. (ستظهر بورجيس شيل مرة أخرى فيما يلى من قصتنا هذه).

إن مجموعة الثريا الرائعة، التى تفصلنا عنها زهاء ٤٠٠ سنة ضوئية، لهى مجال مأمول للعثور على مثل هذه الأجرام المبهمة. لقد تشكلت النجوم فى عنقود الثريا منذ نحو ١٠٠ مليون سنة، (عندما كانت الديناصورات على الأرض فى ذروة استمتاعها بالشمس المشرقة إبان العصر الطباشيرى(*) الدفىء). وهى ذات الآونة التى ارتطم فيها كويكب أو مذنب ما بالقمر، مخلفا على سطحه تلك الحفرة الهائلة التى سميت باسم "تيخو".

وهذه الحفرة جديرة بالذكر لمجموعة خطوط الغبار الملحوظة التى أثارها الانفجار والتى تغطى وجه القمر، ويسهل رؤيتها بتلسكوب صغير أو بمنظار ثنائى مكبر. على كل حال، فلم يعثر سوى على زوج من الأجرام تصلح لترشيحها كأقزام بنية فى الثريا، هما - طبقا للترقيم الدارج - المسميان تايدى١ "Teide1" بى بى إل ١٥ PPL15، فى حين أخفق البحث فى عنقود هياديز فى رصد أكثر من مثال أو اثنين آخرين من أجرام مشكوك فى كونها أقزاما بنية.

لقد كان ذلك أقل بكثير مما كان متوقعا من وجود سرب من الأقزام (أو أيا كانت التسمية التى تصلح أن تطلق على هذا التجمع من الأقزام). ولقد فشل بالمثل المسح لآفاق أبعد بواسطة الأقمار الصناعية بالأشعة تحت الحمراء، والذى كان من المتوقع أن يعثر على مثل هذه النجوم الباردة، فى رصد أى منها. غير أن اكتشافا وحيدا مؤكدا تم بالقرب منا.

(*) العصر الطباشيرى: Cretaceous: أحد عصور حقبة الميزوزى ٦٠و-١١٥ مليون سنة). (المترجم)

إن نجم "جليس ٢٢٩ب Gliese 229b" وكتلته خمسون مرة قدر كتلة المشترى، هو رفيق خافت اللمعان للقزم الأحمر "جليس ٢٢٩أ "Gliese 229A، لا يبعد عنا سوى ١٩ سنة ضوئية. (وهكذا عثرنا فى النهاية على "مرشح" يتفق عليه جميع الناخبين).

يدور الكثير من الجدل حول الحد الأدنى من كتلة الغاز التى يمكن أن تتقلص لتكون جرما ضئيلا شبيها بالنجم.

وقد اعتدنا على اعتبار أن أصغر تجمع يمكن أن يتكون من سحابة ما بين النجوم يبلغ عشرة أمثال كتلة المشترى. ولكن ربما كانت تجمعات أصغر فى حيز الإمكان. وهناك خاصية قد تفيد فى التفرقة ما بين الكواكب الضخمة والنجوم القزمية البنية. فالكواكب أكثر عرضة لأن تتخذ مداراتها أشكالا قريبة من الدائرية، فى حين تدور النجوم في مدارات بعيدة عن الشكل الدائرى، شأنها شأن أغلب النجوم الثنائية.

وعلى هذا الأساس فإن معظم ما اكتشف من كواكب كبيرة جديدة حول النجوم ربما كانت أقزاما بنية، إذ يبدو أن الطبيعة قد أفرزت تنويعة رحبة من الأجرام الضئيلة. وكل هذا يومئ إلى وحدة منظومتنا الشمسية. وسأعود إلى مناقشة المنظومات الكوكبية قرب نهاية هذه القصة، بعد أن أفرغ من مناقشة ذلك التعقيد المذهل الذى يميز منظومتنا نحن.

والخلاصة – فيما يخص علم الكونيات، أن الأقزام البنية من الندرة بحيث لا يحتمل أن تساهم بأى قدر ملموس فى كتلة مادة المجرة. فلو كانت هذه الأجرام ذات أعداد أكبر لساهمت بقدر محسوس فى حل تلك المشكلة الشهيرة عن الكتلة المادية المتوارية عنا فى الكون. ولكن من الواضح أن الحل لهذه المشكلة لا يمكن فيها.

١-٢-٧ أقراص حول النجوم:

لعل زهاء نصف النجوم الفتية (أى التى يقل عمر الواحد منها عن ثلاثة ملايين سنة) التى خضعت لاستكشافنا، محاطة بأقراص غبارية يصل حجمها لمنظومتنا الشمسية. وفى الحقبة التى يتجاوز فيها عمر النجوم بضعة ملايين من الأعوام يكون الغاز قد تلاشى. ويلقى ذلك بحدود صارمة على عملية تكون الأجرام الغازية العملاقة مثل المشترى. فمن الجلى أن مثل هذه الكواكب قد تكونت سريعا قبل فقدان الغاز.

وأفضل مثال على ذلك القرص المحيط بالنجم (الشاب) إتش إل الثور (Hl Tauri) الذى حين ننظر إليه نرى منظومة كوكبية فى طور التكون. وهذا القرص الدوار تبلغ كتلته عُشر كتلة الشمس ويصل قطره إلى حوالى ٢٠٠٠ و. ف. لقد اكتشفت أقراص أخرى حول ألفاليرا Alpha lyrae (فى مجموعة النسر الواقع) وبيتا بيكتوريس Beta Pictoris وابسلون إريدانى Epsilon Eridani وألفا بيسيس Alpha Pisces (Fomalhaut)(*) وهى نجوم نصف (فى منتصف أعمارها). ويبلغ الحجم النمطى لأقراصها نحو ٢٠٠ و. ف. وقرص نجم بيتنا بكتوريس Beta Pictoris له نفس كتلة الأرض من الغاز والغبار، ويمكن أن يشبه سحابة المذنبات التى تحيط بمنظومتنا نحن الشمسية. وتبدو به فجوات واعوجاجات بما يشير لاحتمال وجود كواكب. ويؤدى بنا اكتشاف وجود أقراص من الغبار حول النجوم القاصية (انظر شكل ٩) إلى التساؤل عما إذا كان قد وجد فى زمن مبكر قرص مماثل حول شمسنا، وهو الموضوع الذى سنشرع فى استقصائه فيما يلى:

(*) تسمية Fomalhaut مشتقة من العربية (فم الحوت) وهذا النجم هو ألمع نجوم مجموعة الحوت ويبعد عنا ٢٥ سنة ضوئية وهو أول نجم خارج مجموعتنا الشمسية يكتشف وجود كواكب له. (المترجم)

١-٣ القرص المحيط بالشمس

١-٣-١ لابلاس والسديم الشمسي:

فى القرن الثامن عشر لم يكن العلماء يعرفون عن دوران الزهرة حول نفسها فى اتجاه عكسى، ولا عن وجود أقمار أصغر ذات مدارات غريبة، أو عن مدار بلوتو الفريد وغير ذلك من الظواهر غير المألوفة. فقد كان النظام الشمسى وكما يشاهدونه منضبطا كالساعة الدقيقة، والكواكب والأقمار المعروفة لهم آنذاك تقع كلها فى مستوى قريب من المستوى الذى تدور فيه الأرض حول الشمس، كما أنها كلها تدور فى نفس الاتجاه حول الشمس، وفى نفس اتجاه دورانها حول محاورها.

لقد كان هذا القصور فى المعلومات من دواعى حسن الطالع، إذ أمكن الفلكى والرياضى الفرنسى بييرسيمون ماركيز دى لابلاس (الذى التقيناه من قبل) من أن يقترح فى عام ١٧٩٦ أن المنظومة الشمسية قد انبعثت من قرص دوار من الغاز والغبار (وكما أشرت آنفا فقد تغاضى عن المسار غير المألوف لأقمار أورانوس).

ولقد سمى هذا القرص "السديم الشمسى". وطبقا لنموذجه فإن الكواكب قد تكاثفت - بالتعاقب ومع تقلص السديم - من حلقات. لقد بقى هذا المفهوم على قيد الحياة فى صيغته الأصلية حتى نهايات القرن التاسع عشر. وهذه النظرة عن تكون الشمس والكواكب من قرص دوار من غاز وغبار (السديم الشمسى) تقدم لنا الآن تفسيرا واضحا، ومن ثم فقد صارت بمثابة الحقيقة الراسخة. ولا شك أن لابلاس كان سيسر لو علم بأن مفهومه ذاك قد كتب له البقاء.

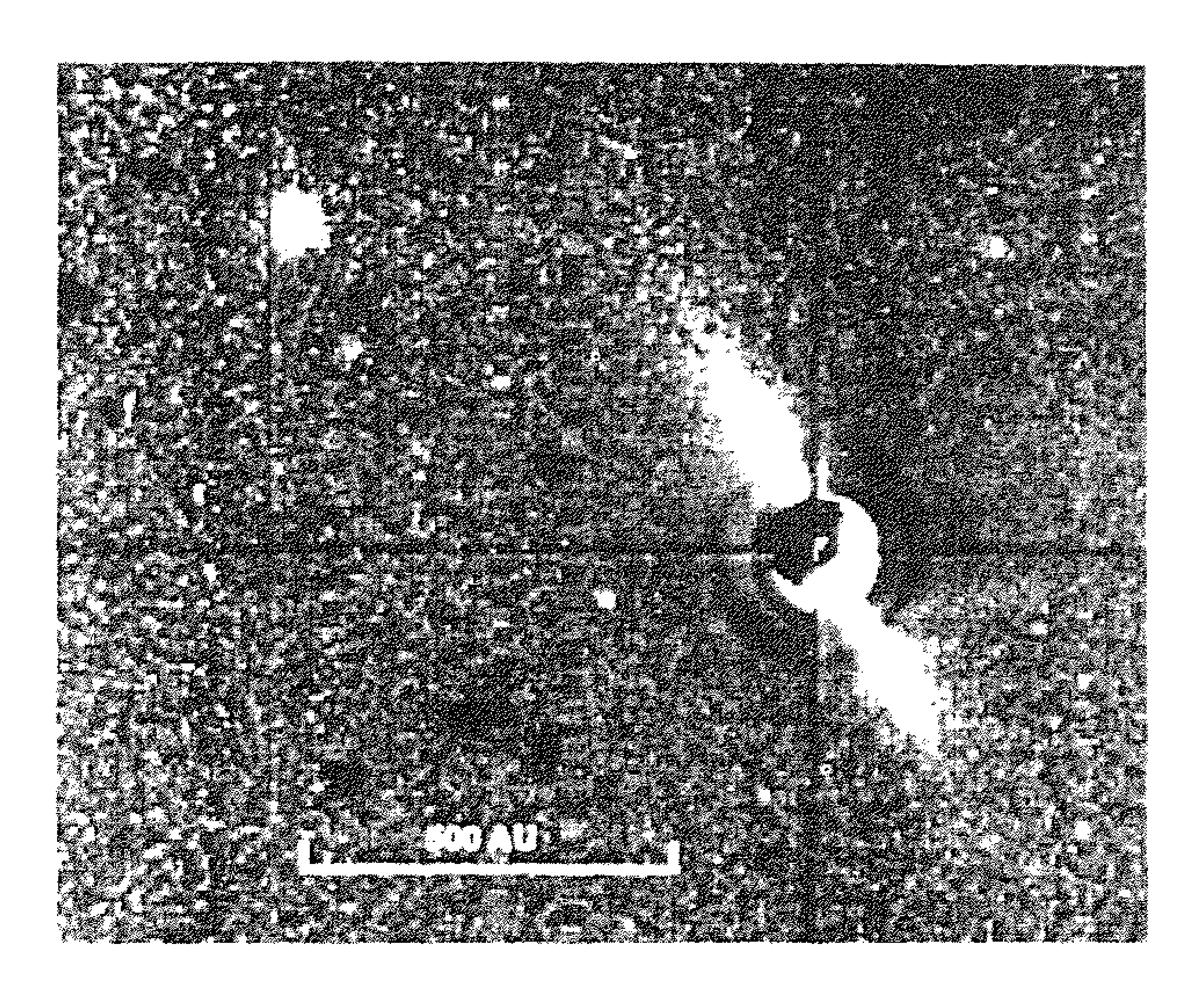
لقد احتاج قدماء اليونان إلى خمسة مكونات ليفسروينية الأجرام السماوية والأرض. أما نحن فقد أحرزنا بعض التقدم. إن مكونات الخليط الهائل التى احتواها القرص الأصلى الذى انبثقت منه الشمس والكواكب اختصرت إلى ثلاثة: الغاز والثلج والصخور (انظر شكل ١٠).

كان الغاز مكونا فى أغلبه من هيدروجين وهيليوم، وهما العنصران اللذان يكونان غالبية الكون. لقد مثل الغاز نحو ٩٨٪ من كتلة السديم الشمسى الأصلى، فيما تكون الاثنان فى المائة المتبقيان من الثلوج والصخور المكونة من العناصر الأثقل.

وكانت الثلوج فى معظمها من ثلج الماء والأمونيا (النوشادر)، والنيتروجين وأول أكسيد الكربون والميثان (لقد كانت درجات الحرارة من الانخفاض بحيث كانت هذه المركبات فى صورة ثلوج). ويسهل تصور الصخور فى شكل يشبه النيازك الحجرية.. كخليط من مركبات السليكات المعدنية والكبريت والفلزات. والفلزات فى أغلبيتها حديد متسابك مع بعض من النيكل والكوبالت.

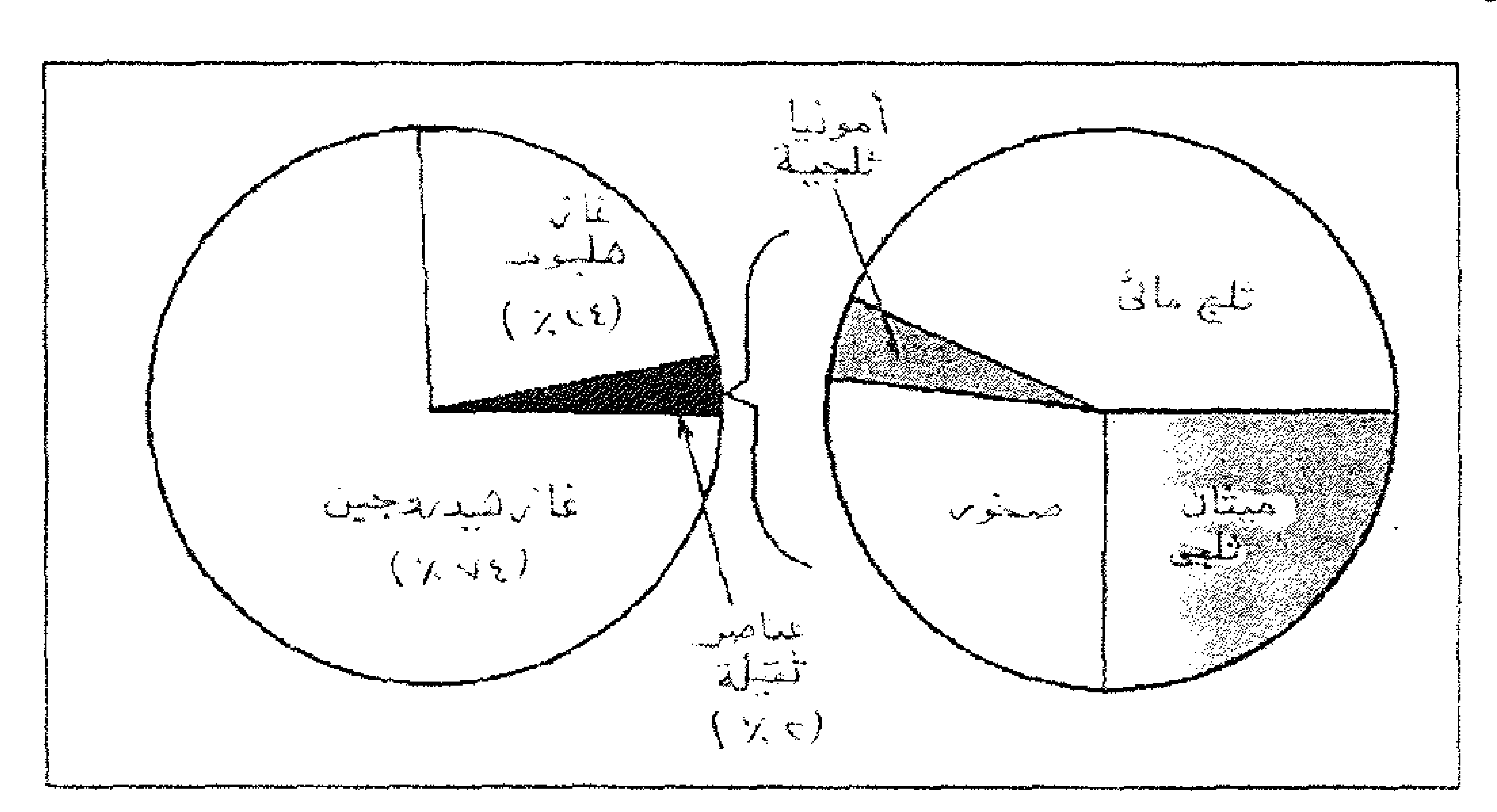
والكواكب بالمثل تندرج تحت ثلاث فئات: فالعملاقان الغازيان المشترى وزحل مكونان أساسا من الغاز. والعملاقان الثلجيان أورانوس ونيبتون مكونان من خليط من الثلج والصخر، مع نسبة قليلة من الغاز.

أما كواكبنا (الأرضية) المعهودة فمعظم بنيتها من الصخور التى تحيط بباطن معدنى. كيف انتهى الأمر إلى تكون أرضنا وبقية منظومتنا الشمسية بكل ما فيها من روعة وتراكب، من هذه المواد التى لا يبشر شواشها بالخير؟ إن الفكرة الرئيسية فى كتابنا هذا تدور حول هذا التطور.



شكل (٩)

القرص الغبارى الذى يمتد لمسافة ٤٠٠ وحدة فلكية حول النجم (بيتابيكتوريس) وللقرص سمك يبلغ ٥٠ وحدة فلكية على بعد ٣٠٠ وحدة فلكية من النجم. والضوء من النجم المركزى محجوب (بتصريح من ب.أ. سميث - جامعة أريزونا).



شكل (١٠)

الغاز والثلوج والصخر هى المكونات الثلاث الأساسية للسديم الشمسى الأولى. ويبين الرسم التوزيع النسبى لوفرة كل منها.

١-٣-٢ فى البداية :

لقد اختفى اليوم القرص الذى تكونت منه الشمس والكواكب، كأنه يذكرنا بقطيطة"تشيشاير"(*) Cheshire cat فى "أليس فى بلاد العجائب" التى اختفت ولم تخلف وراءها سوى ابتسامتها. ونحن نكابر فى محاولتنا لتصور كيف كان السديم الأصلى يبدو، نفس المشقة التى يكابدها علماء التاريخ، إذ يتعين علينا أن نطرح جانبًا مأثوراتنا من الفلكلور، والتأويل المغالى فيه وجموح تفكرينا. فمن الجلى أن معظم السديم الأصلى قد آل إلى الشمس. وما يعنينا هو كم تبقى منه كى تتكون الكواكب. وهذا القرص هو ما يتحدث عنه الناس عندما يستعملون تعبير "السديم الشمسى".

لقد بدأ السديم الشمسى عندما انفصلت شظية من السحب الجزيئية التى سبق لى التحدث عنها. ولكن لماذا تتشظى هذه السحب؟ ما الذى يحدد حجم الشظايا، وحركتها ودورانها حول نفسها؟ ولماذا ينتهى الأمر ببعض الأجزاء إلى أن تصبح نجومًا ثنائية؟ ما الذى ميّز سديمنا عن شظايا أكبر أو أصغر منه؟ سيتبقى مثل هذه الأسئلة حقلاً خصبًا للبحوث، ولقد كانت الموجات الصدمية(**) Shock waves القادمة من المستعرات العظمى super navae إحدى المقترحات الشائعة التى طُرِحت لتفسير تشظىّ السحب الغازية الكثيفة. وعلى أية حال، فربما تنهار السحب - ببساطة - تحت تأثير جاذبيتها الذاتية متى بردت بدرجة كافية.

(*) قطة تشيشاير Cheshire cat: قطة خيالية صورها لويس كارول فى روايته (أليس فى بلاد العجائب). (المترجم)

(**) الموجات الصدمية shock waves: موجات تضاغط ذات سعة ذبذبة عالية تحدث تشويشًا عنيفًا واضطرابًا فى الفضاء. (المترجم)

١-٣-٣ كم يبلغ حجم القرص الغبارى

لقد كان هناك - من الناحية التاريخية - نموذجان متنافسان لحجم السديم الشمسى الأصلى. فالنموذج الأول للسديم الأوّلى يتصوره محتويًا على نحو ضعف كتلة الشمس، وطبقًا لذلك فقد اختفى نصف هذه الكتلة فى الشمس، فى حين تشكلت الكواكب من تناثر القرص إلى عدد من الشظايا، التى تكاثفت على هيئة تشبه شكل فطر نفاث(*) (puffball) عملاق، يطلق عليها "الكواكب الأولية الغازية العملاقة" Giant gaseous protoplanets. وميزة هذا النموذج الكبرى، أن تكوّن الكواكب العملاقة - طبقًا له - تم لحظيًا بدرجة أو بأخرى خلال عمر السديم القصير. وهذا هو أكثر ما يحظى بالقبول من ملامح هذا النموذج ومهما يكن يتبقى فى هذا النموذج مشكلة أساسية تدعو لنبذه جانبًا، فأكثر من ٩٩٪ من المادة يتعين أن تلقى بعيداً، كما أن هناك مشاكل أخرى سأتحدث عنها لاحقاً. ويقترح النموذج البديل أن القرص الابتدائى الذى تشكلت منه الكواكب ربما كان جدّ صغير. فكتلة الكواكب وكذلك كل شىء آخر فى منظومتنا الشمسية تبلغ مجتمعة واحداً فى الألف فقط من كتلة الشمس. والذى يحدد الحد الأدنى لحجم القرص الأصلى هو - بوضوح - كتل الكواكب الحالية. ويتعين على المرء أن يضيف إلى ذلك ما يعوض كميات الغاز الذى فقد من نطاق الكواكب الداخلية (الصخرية) وكذلك من الفجوة عند حزام الكويكبات(**).

وفى مثل هذه النماذج يسلك السديم الخفيف سلوكًا مختلفًا بالكلية عن السديم الكثيف. فهو لم يتناثر إلى شظايا لها حجم الكواكب ولها نسقها الخاص بها. ولكن

(*) الفطر النفاث puffball: نوع من أنواع القطر ذو جسم كروى الشكل ويطلق أبواغا على شكل غبار. (المترجم)

(**) حزام الكويكبات asteroid belt: نطاق فى الفضاء يبين مدارى كوكبى المريخ والمشترى يسبح فيه العديد من الأجرام الضئيلة. (المترجم)

بدلاً من ذلك، انفصلت حبيبات الغبار الصخرية والثلجية من الغاز واستقرت صوب مستوى القرص المركزى. وقد نمت أجرام فى حجم الجلاميد (الصخور الضخمة) بتجمع الحبيبات وتلاحمها، كما تشكلت كتل أضخم نتيجة الاصطدامات. وفى الختام تشكلت أجرام أضخم لها حجم الجبال، بدت فى شكل الكويكبات التى نعرفها، ويطلق عليها اسم الكويكبات بالغة الصغر planetesimals، وهو مصطلح سيتردد كثيراً من موضوع لآخر فى ثنايا هذا الكتاب.

ويكمن المبرر فى استعمال هذا المسمى، فى أن النموذج الحالى لبناء الكواكب – على الأقل فيما يخص مجموعتنا الشمسية – يطلق عليه "الفرضية الكويكبية(*) planetesimal hypothesis" ولها تاريخ جدير بالإحترام، حيث يعود تاريخها إلى القرن العشرين، وطبقًا لنموذج الكويكبات الصغرى هذا، فقد تم بناء الكواكب باطراد – حجراً إثر حجر– ومن ثم فإنها النقيض المقابل للفكرة السابقة القائلة بتناثر القرص إلى شظايا غازية هائلة فى هيئة نبات الفطر النفاث. ومن ثم فالبوسع تصور تكون الكواكب من قرص أصغر كثيراً لعل كتلته تصل إلى عشرة أضعاف – أو عشرين ضعفا لكتلة المشترى. وحتى مع هذا الافتراض فلا بد أن مقداراً محسوسا من المادة يتم إلقاؤه بعيداً.

١-٣-٤ حياة قصيرة:

ولكن لكم من الوقت استمر هذا السديم الشمسى؟ من الواضح أن الشمس والكواكب الغنية بالغاز قد تشكلت والغاز مازال منتشراً حولها. والوقت الذى انقضى

(*) النظرية الكويكبية : نظرية تفترض نشوء الكواكب من تقابل الشمس مع نجم آخر، وبتأثير جاذبية هذا النجم نتجت الكواكب العملاقة من تفتت أجزاء الشمس القريبة من النجم ونتجت الكواكب الداخلية من أجزاء الشمس البعيدة عنه كنتيجة للتراكم الجذبوى للفتات. (المترجم)

منذ انفصال قرص الغاز والغبار الأصلى عند السحابة الجزيئية فى المجرة، وحتى وصلت الشمس إلى الحجم الكافى لإضرام الأتون النووى فيها، يقع ما بين مائة ألف ومليون سنة. وما أن تبدأ الشمس فى اللمعان، حتى يتسرب الغاز المتبقى فى السديم بعيداً.

ورغم أننا نعتقد أن الأقراص الغبارية (من ثلج وصخر) تثابر على البقاء لبضعة ملايين من السنين حول النجوم الغنية ذات الفوران العنيف، مثل نجم تى الثور T Tau-ri" – فإن الغاز ذاته يكون قد تسرب ربما فى خلال حقبة أقصر كثيراً – لعلها تصل إلى مليون عام – والفترة ما بين تكون السديم الشمسى فى هيئة قرص دوار من الغبار والغاز، وبين نفاد الغبار جدّ قصيرة. ومن ثم فلابد وأن العملاقين الغازيين (المشترى وزحل) قد تشكلا بسرعة – نسبيًا – قبل تمام تسرب الغاز. وكما سيتضح فيما بعد، فإن الدقة اللازمة أمر أساسى فى تحرى التوقيت اللازم لتشكيل المشترى.

١-٣-٥ هل كان هذا القرص حارًا أم باردًا؟

نحن فى حاجة إلى بعض التحريات (البوليسية) لتصور إعادة بناء الأحداث التى توالت عبر أربعة بلايين ونصف بليون عام وتسلسلها. بمقدورنا – بطبيعة الحال – أن نستهدى ببعض الأفكار من الموقف الحالى للمنظومة الشمسية. فالكواكب الداخلية صخرية(*) لا يوجد بها من الغاز أو الثلج إلا النزر اليسير، والغاز – فى الوقت الراهن – موجود على مبعدة من الشمس... فى المشترى. والأقمار هناك بها وفرة من الثلج (المائى)، فيما عدا قمر ايو IO، فهو حالة خاصة، بسبب قربه الشديد من المشترى. (وبالتالى لارتفاع درجة حرارته). ولكن لدينا – على مسافة أقرب من الشمس – عينات

(*) يقصد بالكواكب الداخلية الكواكب الأربعة الأقرب للشمس عطارد والزهرة والأرض والمريخ. (المترجم)

من النطاق ما بين المشترى والمريخ، إنها الأحجار النيزكية التى تأتينا من حزام الكويكبات. فهى تعود فى الزمن إلى بدء نشوء المنظومة الشمسية ، ولها دلالتها الخاصة من حيث إنها تخبرنا عن درجه الحرارة إبّان الحقبة الموغلة فى القدم. فعلى بعد زهاء ٣ و ف كانت درجة الحرارة كافية لصهر الثلج. ومن ثم فإنها لم تفقد الماء فحسب، وإنما فقدت كذلك كميات متفاوتة من تلك العناصر مثل الرصاص والبوتاسيوم وغيرهما مما يسهل تبخره. ومن الواضح - أن النيازك الأولية خليط متراكب من المواد المعدنية تكونت فى درجات حرارة متباينة فى ارتفاعها ويتكون نحو نصف عيناتنا من النيازك الحجرية من كريات زجاجية ضئيلة، يصل قطرها فى المتوسط إلى ملليمتر. إنها تلك الغضاريف Chondrules الشهيرة التى اكتشفها منذ قرن مضى هنرى سى. سوربى (١٨٢٦-١٩٠٨). لقد كان - وفقًا لأعراف العصر الفيكتورى - عالما مهذبًا، اخترع تقنية قوية لفحص شرائح شفافة رقيقة من الصخر تحت المجهر. وعندما وجه اهتمامه صوب النيازك تعرف على أن الغضاريف هى قطرات انصهرت تحت وابل من أمطار نارية، ثم تحولت بالتبريد إلى زجاج. ومنذ ذلك الوقت لم نحرز تقدما ملموسًا فى هذا المضمار. لقد تفتقت القريحة الإنسانية العبقرية عن كل العمليات المحتملة، دون التوصل إلى اتفاق عام بشأن أى منها.

لابد وأن مصنع تشكيل الغضاريف هذا كان ذا كفاءة عالية، فقد مرّ ما لا يقل عن نصف مادة النيازك - على ما يبدو - خلاله . ومن الجلىّ أن الغضاريف - كانت على هيئة كرات من الغبار انصهرت سريعا، وعنما بردت بسرعة بالغة كذلك لم تكن من المنطقة القرص التى تكونت هذه الكرات فيها ساخنة فى كل أجزائها. ومن ثم فقد انصهرت ثم تجمدت فى سرعة هائلة، وعلى ذلك لم يكن السديم متجانسًا من حيث درجة الحرارة.

وواضح أن السديم لم يكن قرصًا باردًا خامدًا، بل منظومة موّارة متحركة تتسرب منها مقادير هائلة من الطاقة. ويناظر هذا ما تسمى به الرياح الحلزونية الهائلة التى

تهب على سطح الأرض، فيطلق عليها الإعصار أو الزوبعة أو العاصفة (طبقًا للمزاج وروح الفلكلور المحلى). ففى هذا النوع من الرياح يتواجد العديد من الرعود والاضطرابات الموضعية على طول امتدادها اللولبى. فلعل فى هذا نموذجا جديدًا للظروف المتواجدة داخل هذا القرص المحيط بالشمس فى أطواره الباكرة.

بالمثل يشرح هذا النموذج لماذا تدور الشمس حول محورها بمثل هذا النمط، فتحتاج لحوالى الشهر كى تتم دورة واحدة، فى حين تدور الكواكب حول محاورها بسرعة. إنه لغز وتناقض قديم، فمن الصعوبة بمكان أن يتحقق هذا لو كان القرص متماثلاً. ومعظم الأقراص التى تتكون طبيعيًا كما فى الزوابع أو فى السدم الحلزونية ليست بالمتماثلة، وإذا شابه السديم الشمسى مثل هذه الأقراص غير المتماثلة فإن القرص الدائر حول نفسه - لدى سقوط كتلة المادة نحو الشمس - سيتفلطح، مما سينجم عنه سرعة دوران الكواكب حول محاورها.

١-٣-٦ قبل نشوء المنظومة الشمسية

ببصيرة ثاقبة، كتب مؤلف العصر الإليزابيثى(*) بن جونسون (١٥٧٣-١٦٣٧) فى مسرحية الكيميائى Alchemist(**) " إنه من السخف أن تفكر أن الطبيعة على الأرض قد أفرخت ذهبًا. لقد مضى شيء ما من قبل. ولا بد أن هناك مادة على البعد".

إننا نعرف الآن جيدًا تلك المادة البعيدة. وكما ذكرت آنفا كان تفسير أصل نشأه

(*) العصر الاليزابيثى : يقصد به فترة حكم ملكة إنجلترا إليزابيث الأولى (١٥٥٨-١٦٠٣م) من أسرة تيودور. (المترجم)

(**) الكيميائى: يقصد به عالم الكيمياء القديمة التى كانت تبحث أساسا فى تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب والعثور على علاج شامل لكافة الأمراض وإطالة العمر إلى ما لا نهاية. (المترجم)

العناصر الكيميائية واحداً من أكثر إنجازات العلم التى خلفت أثراً فى القرن العشرين. لقد تكون الهيدروجين، والهليوم، والديتيريوم وآثار من الليثيوم مع الانفجار العظيم. أما العناصر الأثقل، التى يثابر الفلكيون على تكديسها معا تحت مسمى "الفلزات" فقد خلقت فى باطن عدد هائل من النجوم على امتداد عشرة بلايين سنة ثم انتشرت فى الفضاء مابين النجوم.

لقد كان وراء هذا الانتشار - ومازال - سببان: العمالقة الحمراء التى مجت كميات من المادة فى الفضاء، والانفجارات النجمية الهائلة التى نشاهدها فى شكل المستعرات العظمى. وفى خلال هذه الأحداث الجبارة تكونت بعض الحبيبات المعدنية على حواف مواضع الموجات الصدمية، فيما كان الانفجار يشع إلى الخارج، وتشحّ معارفنا عما تعرضت له الغازات والحبيبات فى خلال رحلتها الطويلة تلك من المستعمرات العظمى حتى منظومتنا الشمسية.

وما هو ملموس أن بعضا من الحبيبات فيما بين النجوم، تلك التى نعثر عليها فى النيازك، قد قُدّر لها النجاة من كل المخاطر التى تعرضت لها. ويتم التعرف عليها من خلال التباين فى مدى وفرة النظائر التى تُعدّ - وفقاً لمعايير منظومتنا الشمسية- غير مألوفة.

وعن طريق هذه الوسيلة جرى التعرف فى النيازك على الماس وكربيد السليكون اللذين تكونا قبل المنظومة الشمسية بفترة مديدة. وحبيبات الماس ضئيلة إذ تحتوى فى المتوسط على ٢٥ذرة أو نحو ذلك. ومثلما لاحظ إد إندرز (المولود سنه ١٩٢٨) الذى اكتشف هذه الحبيبات من سنوات قليلة فى أثناء عمله بجامعة شيكاغو، فإن لها الحجم الملائم لتكون الأحجار (ياله من شىء شبيه بأن تضع البكتريا فى إصبعها خاتما للخطبة!). لقد تكونت حبيبات الماس هذه على الحواف الخارجية لانفجارات المستعرات العظمى، وإن بقيت عملية تكونها الدقيقة مستعصية على الاستيضاح.

لقد تكوّن كربيد السليكون فى النجوم من رتبة العمالقة الحمراء فى أثناء مرحلة انتفاخها، عندما خلعت - شأنها شأن الأجرام السماوية المتعرية - رداءها الخارجى. لقد نجت هذه الحبيبات من الماس وكربيد السيليكون من مهالك الرحلة الرهيبة ما بين النجوم من المستعر الأعظم أو العملاق الأحمر إلى المنظومة الشمسية، بمعيار كفيل بإثارة دهشة طاقم مركبة الفضاء فى مسلسل "رحلة النجوم"(*).

وما إن وصلت إلى المنظومة الشمسية حتى لحقت بالأحداث الفوارة التى كانت تجرى فى السديم فى الزمن المبكر. ومن الجدير بالملاحظة أنها باقية لتروى حكاية أصلها القاصى، قبل أن تظهر مجموعتنا الشمسية.

١-٣-٧ مم كان يتكون القرص:

لعله ما يثير الدهشة أننا نعرف حق المعرفة تكوين السديم الشمسى الأوّلى، ذلك الذى اختفى منذ أمد بعيد داخل الشمس والكواكب. وعلى الرغم من أنه كان مكونا بصفة أساسية من غاز فإن الاهتمام الرئيسى ينصب على الصخور والثلوج التى كانت تكون ٢٪ منه، ذلك لأننا نحيا على بعض منها. على أن الأرض كان لها على كل حال تاريخ جيولوجى متراكب. إن الصخور التى نجدها الآن على السطح هى النتاج النهائى لأربعة بلايين سنة من إعادة التدوير، ولا تحتوى الآن إلا على سجل هزيل لبدايتها الأولى. ومن حسن الطالع أن قد وردت لنا بعض العينات من هذه الأزمنة السحيقة، فكثيراً ما تتساقط النيازك من وقت لآخر على الأرض، ومعظمها لفظها حزام الكويكبات. وبين هذا الحطام المتناثر فى الفضاء كان من حسن حظنا أن عثرنا على

(*) رحلة النجوم Star trek: مسلسل تليفزيونى أمريكى شهير من نوع الخيال العلمى عن ابتداع وسيلة للسفر فى الفضاء بسرعة تفوق سرعة الضوء. أخرج هذا المسلسل لأول مرة عام ١٩٦٦ وبنيت على أساسه بعد ذلك أكثر من عشرة أفلام سينمائية. (المترجم)

بعض النيازك التى لم تمسّها يد التبديل منذ الأزمنة الباكرة. وبعضها له تركيب يوافق المكون الصخرى فى السديم الشمسى الأصلى.

كيف توصلنا إلى هذه الحقيقة المذهلة؟ لأن هذه النيازك التى قدمت لنا عبر مسافة ٣ وف لها نفس نسب العناصر - مثل الصوديوم والحديد والماغنسيوم واليورانيوم - التى نشاهدها فى الأطياف التى سجلت من الشمس وتخبرنا عن تركيبها. ومع وجود استثناءات طفيفة فإن درجه التطابق جيدة لكل العناصر التى تكوّن منها المكون الصخرى فى السديم الأصلى.

ولعله من الملائم هنا أن نستطرد فى الحديث قليلا عن بعض الفروق بين سلوك بعض العناصر فى السديم، وسلوكها فى مختبرات الكيمياء بمدارسنا العليا فالكل ملم بالتفاعلات الكيميائية التى تجرى على سطح الأرض. إنها - فى الأساس - قضية تكوّن المركبات مثل كلوريد الصوديوم، تلك المسألة التى يدركها كل صبى فى المدرسة. ويفسر لنا ترتيب العناصر فى مجموعات فى الجدول الدورى للعناصر - ذلك الانتصار المؤزر لعلم القرن التاسع عشر - يفسر لنا مثلاً لماذا تتحد ذرات الكلوريد فيتكون ملح الطعام. إنها مسألة تتعلق بترتيب الإلكترونات بالمدار الخارجى. إن مثل هذه الخواص تتدنى أهميتها عند درجات حرارة تعلو بمئات الدرجات عن درجة حرارة موقد بنزن المألوف بالمعامل، وعند ضغوط تقل كثيراً عن الضغط فى أقصى فراغ توصلنا له.

فهناك فى السديم، تهيمن خواص أخرى، أهمها الدرجة التى تنصهر وتغلى عندها العناصر ومدى ارتفاعها أو انخفاضها. فالعناصر التى تغلى عند درجات حرارة عالية تسمى بالصامدة للحرارة Refractory.

وبالنسبة للكيميائى الذى يدرس الكونيات، تُعدّ العناصر التى تغلى عند درجات حرارة تتجاوز ١٢٠٠ كلفن صامدة للحرارة، ومن الأمثلة عليها التيتانيوم والكالسيوم واليورانيوم. أما فى الناحية الأدنى من المقياس فنطاق العناصر سهلة التطاير والذى يشمل تلك العناصر الدارجة التى من أمثلتها البوتاسيوم والكبريت والنحاس والزنك.

وفى حين أنها تتميز بدرجة عالية من الاستقرار فى ظروف مختبراتنا الكيميائية، فإن هذه العناصر – فى ظل درجات الحرارة العالية بالسديم الأولى قد تبخرت، وبقيت العناصر الصامدة للحرارة فقط على حالتها الصلبة.

وعندما تبدأ المركبات الصلبة فى التكون، تتعاظم أهمية عاملين آخرين: أولهما هو الحجم النسبى للذرات الذى يحدد ما إذا كانت ستستوعب داخل الشبكة الذرية أم ستلفظ خارجها – مثلما تحاول الأوتاد المربعة أن تتواءم داخل ثقوب دائرية – والعناصر الكيميائية الأخرى المتواجدة فقط غالبًا بنسب طفيفة (آثار) عليها أن تطوف فى نضال مرير تحاول فيه العثور على التشبيكة ذات الفجوات الملائمة كى تستقر فيها. أما العامل الآخر فيختص بالذات بالمواد المعدنية التى تتكون فبتكاثف حبيبات الغبار تتكون ثلاث فئات من المواد المعدنية هى السليكات والكبريتيدات وفلز الحديد. وتتركب المواد المعدنية فى معظمها من العناصر الشائعة كالحديد والمغنسيوم والألمونيوم والسيليكون والكبريت. وها هنا ينتهى أول الدروس فى "كيمياء الفضاء".

ربما يتساءل المرء.. هل تصلح الأرض نموذجًا أوليًا للتركيب الصخرى الأصلى للسديم؟ على كل حال فقد آل الأمر إلى أن الكواكب الداخلية الصخرية: الأرض والزهرة والمريخ قد فقدت بعضا من عناصرها سهلة التطاير كالصوديوم والبوتاسيوم والرصاص. وسيلى شرح كيفية حدوث ذلك فيما بعد.

١-٣-٨ هل كان القرص متجانساً:

ربما توقع المرء كذلك –وهو جدّ متيقن– أن السديم الشمسى الأولى والذى هو شظية من سحابة جزيئية، كان متجانسًا فى تركيبه. لقد كان هذا المعتقد هو السائد حقًا. ولقد كان لهذه المسألة تاريخ مشوّق، وهى تعكس مدخلاً شائعًا لتناول العديد من المشاكل العلمية. فما ليس بوسعنا مشاهدته أو قياسه، نتخيله بسيطًا ومتجانسًا.

ولهذا المدخل صلة بميل الإنسان إلى إبخاس قدر مالا يفهمه. فذلك بمثابة "صمام أمان" لمعارفنا، يتيح لنا أن نتعايش مع ما يغمض علينا، وهو - دونما شك - السبب وراء تعدد المعتقدات، وظهور التنجيم، والتصوف وكل الفانتازيات الوهمية التى تواكب شطحات العقل البشرى لدى غياب الحقائق. ويزودنا ذلك بحكايات مسلية، كمسألة تسطح الأرض التى قد يقتنع بها الأطفال فى حين أن الحقيقة أعقد من ذلك قليلاً.

ومن العجب أن السديم لم يكن بالغ التجانس، فقد كان من أبرز الملحوظات فى العينات المأخوذة من نيازك مختلفة، أن هناك تبايناً فى نسب نظائر الأكسجين الثلاثة، وهو واحد من أكثر العناصر شيوعاً. فلو كانت المادة فى السديم الأولى قد سخنت وتبخرت لكانت نسب هذه النظائر هى نفسها، ولما بقيت حبيبات الماس وكربيد السيليكون موجودة. ومن ثم فلابد وأن تغيرات فى مواقع بعينها قد حدثت.

١-٣-٩ انجراف الغاز:

رغم أن الغاز كان يشكل نحو ٩٨٪ من السديم الشمسى الأصلى، فإننا على ظهر كوكب صخرى ليس لديه من هذا الغاز إلا آثار ضئيلة، بل إن عطارد والمريخ فى وضع أسوأ، وحتى الزهرة التى تلتحف بالسحب ليس لديها من الغاز إلا أكثر قليلا من الأرض. متى يا ترى حدث هذا الاضمحلال الشنيع فى كمية الغاز؟ إن هناك برهاناً قوياً على أن النجوم صغيرة السن تفقد أقراص الغاز المحيطة بها فى خلال ملايين معدودة من السنوات بعد مولد النجم.

ويضعنا ذلك حيال مشكلة تثير الشغف. فلابد أن العملاقين الغازيين البعيدين عن الشمس قد تكونا فى وجود الغاز. وفى تناقض كبير مع ذلك فإن الأرض وغيرها من الكواكب الداخلية قد تراكبت كلها بعد أن كان الغاز قد تلاشى.

وهكذا فقد اقتربنا من القبض على بعض المفاتيح عن توقيت تكون الكواكب، وهى القضية التى سأتحدث عنها بإيجاز. فلا بد وأن الكوكبين الغازيين قد تشكلا مبكرًا فى بحر ملايين قليلة من السنوات بعد تشكل الشمس، فى حين تجمعت الكواكب الصخرية فيما بعد من الشظايا والقطع المتبقية بعد اختفاء الغاز.

وعلى ذلك فإن الجزء الداخلى من السديم قد خلا من الغاز، وتضاءلت فيه نسب العناصر المتطايرة فى وقت مبكر للغاية، ربما فى خلال مليون سنة بعد تكون الشمس. والعلة فى خلو أجزاء السديم الداخلية كانت مزدوجة. ففى وقت مبكر انسحب الغاز نحو الشمس، وبعد ذلك، ومع اتقاد أتون الشمس النووى - هبت رياح قوية من الشمس جارفة معها أية بقايا من الغاز.

ولقد تبقت قلة من الأجرام تتراوح أحجامها ما بين الجلاميد الضخمة، والجبال الصغيرة، رغم الرياح النجمية العنيفة. لقد كانت ملابسات سعيدة حقًا، فإنما نحيا على سطح كوكب تكون من خلال هذه المجموعة غير المتجانسة من كسارة الأحجار والحصى، بينما كانت المواد الأدق من غبار ودخان وغاز قد انقشعت. ومع الغاز انجرفت مقادير متباينة من العناصر سهلة التطاير والتى لم تتكثف أو تجد لها ملاذا داخل المواد المعدنية الصلبة. بل إن لدينا - والفضل لعينات النيازك جليلة الفائدة - توقيتا لهذا الحدث. ويدور الجدل ما إذا كان ذلك هو أعظم مساهمات النيازك فى تنمية معارفنا عن التاريخ الباكر للمنظومة الشمسية. فالنيازك تحوى عناصر ذات نظائر لها نشاط إشعاعى، هى بمثابة ساعة تبين التوقيتات. فبعض نظائر الرصاص وهو - فى عرف كيمياء الكواكب من العناصر المتطايرة - تنتج عن الاضمحلال الإشعاعى Radio-active decay لليورانيوم والثوريوم، وهما عنصران صامدان للحرارة ذوا درجة غليان عالية تبلغ بضعة آلاف درجة. ويمثل عنصر الروبيديوم Rubidium - وهو عنصر متطاير بمثابة شقيق للبوتاسيوم لا ينفصل عنه- نموذجا آخر. فلهذا العنصر نظير يحدث له اضمحلال إشعاعى يتحول إثره إلى عنصر السترونيوم الصامد للحرارة.

وقد انقشع الكثير من الرصاص والروبيديوم المتطايرين من تلاشى الغاز، فى حين بقيت العناصر الصامدة للحرارة كاليورانيوم والثوريوم والسترونيوم. إن قراءة ساعة النشاط الإشعاعى هذه تنبئنا بالانفصال الكبير الذى كان موجودا بين العناصر المتطايرة والصامدة داخل المنظومة الشمسية. فى عمرها الباكر، ذلك العمر الذى اصطلح على تحديده ب ٤٥٦٦ مليون سنه خلت. وتصل درجة تأكدنا من هذا الرقم إلى ٢ مليون سنة أو نحو ذلك. إن الفضل فى هذه الدقة المذهلة راجع إلى العمل الدءوب.

فقد عكف على هذه الدراسات مختبران شهيران أحدهما فى جامعة باريس والثانى فى معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا. (الأخير منهما معروف على نطاق واسع على سبيل الدعابة بمسمى مستشفى الأمراض العصبية، فهى مثل هذه المعاهد تتميز بحفظ الأمن والناس ذوى المعاطف البيضاء).

١-٤ بناء الكواكب

١-٤-١ انهيار فكرة المنظومة الشمسية المنضبطة كالساعة:

ترك نموذج النظام المنضبط الشبيه بالساعة، انطباعًا قويًا عن أصل المجموعة الشمسية حتى وقت قريب. وقد شاعت حتى سنوات قليلة ماضية النظريات عن سديم بسيط ساخن راح يبرد ويتكاثف إلى الكواكب فى نسق منتظم. ولقد جسد وجهة النظر هذه عن مفهوم الساعة السماوية. التصوير الشهير(*) لرجل يحدق -من خلال غلالة من النجوم ليكتشف نوعًا من ساعة آلية عملاقة خلفها، بينما يربض صانع الساعات المفترض من خلف الميكانيزم.

وحتى العالم المرموق والمعروف بتشككه اللورد كالفن (١٨٢٤-١٩٠٧) دفعته الأمور إلى أن يدلى بالتعليق التالى: "ربما لم يعد هناك فى الواقع أى شىء أكثر فى الغموض والصعوبة فى التطور التلقائى للمنظومة الشمسية من تصور مادة باردة انتشرت خلال الفضاء حتى وصلت إلى صورتها الراهنة بما فيها من اتساق وبهاء، تضيئها وتدفئها شمسها الساطعة، من الغموض والصعوبة فى ملء الساعة لتشغيلها حتى تتوقف. إن زبرك الساعة يتجاوز بكثير استيعابنا لفكرة السديم الغازى".[٩]

(*) يشير المؤلف هنا إلى حفر خشبى مرسوم بأسلوب القرن السادس عشر لرسام مجهول يمثل رجلا ينظر من خلال جو الأرض - التى تبدو كستار - بغرض استكشاف ما خلفه وسيعود المؤلف لذكره فى الباب السادس (المترجم)

لعل البحث عن معنى المنظومة الشمسية وانتظامها واتساقها هو السبب وراء شيوع قاعدة بود. فيبدو انتظام توزيع الكواكب جزءًا من مخطط أعظم. بيد أن هذه القاعدة – كما سبق أن ناقشت، هى نتيجة ثانوية للقوى المدية ما بين الكواكب، وليست خاصية ذات مغزى جوهرى ولا هى جزء من مخطط تفصيلى هائل وضع لمنظومة الكواكب.

لم تعش طويلاً وجهة النظر هذه عن منظومة شمسية دقيقة بديعة التنسيق، فليس هناك كوكبان أو قمران متشابهان، وكما هو الحال فى مجالات أخرى، تتنوع ما بين علم الفلك وعلم الوراثة، فنحن مجبرون – وإن على مضض – على التحقق من أننا نسكن منظومة تلعب فيها الأحداث العشوائية والصدفة دورًا رئيسيًا، وإن كانت هذه الأفكار عن عشوائية الطبيعة غير شائعة وغير مستحبة.

إذ إنها تجرى بالمخالفة للفكرة الفلسفية عن التمحور حول الذات البشرية، التى يحتل فيها الإنسان المعاصر محل القلب ويلعب الدور الرئيسى فى الكون، والتى ترى أن كل شىء قد خطط وصمم من أجل راحتنا ورفاهتنا. أما الواقع فعلى خلاف ذلك. فالنظام الشمسى هو الآخر منظومة فيزيائية، عرضة لأن تحدث بها أحداث عشوائية. ولقد كان هذا الإقرار بأهمية الأحداث العشوائية أحد أعمق التبدلات فى إدراكنا للعالم منذ نسبت المنظومة الشمسية المنضبطة كالساعة الدقيقة إلى صانع ساعات سماوى ماهر.

١–٤–٢ المشكلة:

إن مشكلة بناء الكواكب مسألة جوهرية فى البحث فى أصل المنظومة الشمسية. فقد تكرر – تاريخيا – اعتبار أن هذا السؤال قد تمت الإجابة عليه.بيد أن الشروح

والحلول ذات التباين الهائل والتى طرحت - ابتداء من أساطير الخلق التى راجت فى المجتمعات البدائية وانتهاءًا بالمحاولات العلمية المتعددة الأحداث زمنا، قد انهارت - بصفة عامة - عندما جبهتها المعلومات الجديدة عن المنظومة الشمسية.

وتكتنف القضية صعوبتان أساسيتان. فالمعضلة الأولى هى أن العالم الباحث فى الكواكب - شأنه شأن الباحث فى التاريخ - لديه مثال أوحد : هو المشهد الراهن، إلى جانب أية بقيّات قد تخلفت من الحقب الغابرة والتى قد تحدث عن الأحداث التى قد سلفت. ويتعين على المرء بطبيعة الحال أن يستريب بشأن هذه المخلفات. فهناك تاريخ طويل من الموروثات الخادعة. والمثالان الحديثان هما "إنسان بيلتداون"(*) و"كفن تورين"(**).

لقد نجح التناول الإحصائى فى التعامل مع قضية تكون النجوم، تلك التى لدينا الوفير منها. ومهما يكن فالفائدة من الإحصاءات محدودة عند محاولة البحث فى

(*) إنسان بيلتداون Piltdown Man: فى عام ١٩١٢ أعلن عن العثور على بقايا إنسان أولى من سلالة مجهولة قرب قرية بلتداون بإنجلترا، مكونة من جمجمة وعظمة فك، وذراع آنذاك أنها أحفورة متحجرة لإنسان أولى. وبعد أكثر من ٤٠ عاما فى سنة ١٩٥٢ تم الكشف عن أنها تزييف متعمد، إذ جمعت فك قرد من فصيلة (الأورانجتان) مع جمجمة إنسان معاصر. (المترجم)

(**) كفن تورينو المقدس Tourin shroud: هو قطعة نسيج كتانى يبلغ طولها أربعة أمتار وثلث المتر محفوظة فى كاتدرائية يوحنا المعمدان بمدينة تورينو، يعتقد الكثيرون أنها قطعة القماش التى غطت جسد السيد المسيح عليه السلام عند دفنه، - طبقًا للعقيدة المسيحية -، إذ إنها تحمل صورة رجل تبدو عليه سمات علامات التعذيب المتوائم مع عملية الصلب. والمؤلف يشير هنا إلى ما أثبته العلم الحديث بشأن هذا النسيج، ففى عام ١٩٨٨ قامت ثلاث فرق منفصلة من العلماء فى سويسرا وإنجلترا والولايات المتحدة بفحص النسيج بنظير الكربون المشعّ، وذكرت النتائج التى نشرت بمجلة ناتشر Nature أن النسيج قد صنع فى العصور الوسطى بين عامى ١٢٦٠. ١٣٩٠، أى بعد عصر السيد المسيح بأكثر من ألف عام. (المترجم)

منظومـة واحدة. فالأحداث غير المحتملة تحصل دائما مرة واحدة فقط. وكثيراً ما يُستدل على هذا بحكاية "فيل حديقة لينتجراد الوحيد" (وهى المسماة الآن بسان بطرسبرج).

فخلال حصار الجيش الألمانى لهذه المدينة فى أثناء الحرب العالمية الثانية، عُبِّىء مدفع عملاق قادر على إطلاق قذائفه إلى بعد ٢٠ كيلو مترا حتى تصل إلى قلب المدينة. لقد أصابت أول قذيفة منه حديقة الحيوان وقتلت الفيل الوحيد فيها. صحيح أن هناك رواية أخرى تنحى باللائمة فى مقتل ذلك الفيل على أول قنبلة أسقطت على المدينة، ولكن يبدو أن قصة مصير هذا الحيوان التعس كانت من نسج الخيال، فالقصة لم ترد فى تاريخ ذلك الحصار الذى استدام لتسعمائة يوم[١٠].

وتبرز هنا مشكلة جوهرية، تنشأ من جهلنا بالحالة الأصلية للمنظومة الشمسية. فنحن نشاهد فقط المنتج النهائى، وعلينا أن نحدس الطريقة التى أنتج بها ونقطة البداية. ومثلما هو الحال فى اقتفاء أثر التطور البيولوجى على الأرض، فالآثار فى الحالتين ليست واحدة مفردة. كيف يتسنى للمرء - وهو يتفرس فى حيوان كالفيل أن يستنتج وجود البكتريا أو الحمض النووى لهذه المادة! إن المجال الرحب من التفسيرات التى اقترحت لبحث مسألة المنظومة الشمسية إنما يعكس عدم تيقننا من أى منها.

وهناك نقطة فلسفية محورية: ترى هل تتكاثف الكواكب من شظايا السديم؟ أم أنها تتشكل باطراد من تراكم حبيبات أصغر؟ هناك فقط أسلوبان لصناعه الأشياء: الأول أن نبدأ بشىء كبير ونجزئه إلى أجزاء، والثانى أن نقيم بناءً أكبر من قطع صغيرة. وكمثال للأسلوب الأول: نحت تمثال من كتلة من الرخام. وكمثال للأسلوب الثانى: تشييد منزل من قطع من الطوب. فالنموذج الأول يتضمن تحطم السديم الشمسى الغازى الذى تتكاثف منه الكواكب، شأنها شأن النجوم. أما النموذج الثانى فيتضمن بناء الكواكب من تراكم قطع وأجزاء أصغر.

ولعله يجدر بنا التعليق على حقيقتين بديهيتين: أولاهما أن المنظومة الشمسية جد منعزلة. فأقرب النجوم لها من البعد بحيث لا يكون له فى تشكل المنظومة إلا أضأل الأثر. والثانية هى أن المنظومة برمتها تقع - عمليا - فى مستوى واحد، ومعظم أجرامها تدور حول الشمس وتلف حول نفسها فى ذات الاتجاه.

ولقد كان هذا هو ما ترك انطباعا قويا لدى "لابلاس". فهذا المستوى الواحد ملمح أولى، موروث عن سديم شمسى دوار له شكل القرص. ويشكل هذان العاملان دليلا على أصل واحد مشترك للشمس والكواكب، مثلما لاحظ لابلاس. وليس من المحتمل أن ينتج كلا النسقين من تكدس عشوائى للأشياء، وإلا لجاز أن تتشكل هذه المجموعة المتباينة من الكواكب المختلفة والأقمار وتنسق من نوع من (ساحة نفايات) كونية هائلة.

لقد اتفقت وجهة النظر هذه عن الأصل المشترك للشمس والكواكب مع الرأى الشائع منذ مائتى عام. ومنذ ذلك الوقت فقد مثلت الأساس فى فرضية لابلاس. ومهما يكن، فإن مفهوم التشابه مع "ساحة النفايات الكونية" يبدو متوائما مع منظومات الكواكب الجديدة التى عثرنا عليها. فليس من بينها اثنتان متشابهتان، بل يبدو فيما بينها شدة الاختلاف، ولا يلوح من بينها ما يشابه -ولو قليلا منظومتنا. إن المعلومات التى أتتنا من هذه النماذج المحدودة- والتى سأتحدث عنها فيما بعد- تبدو متوافقة مع وجهة نظرنا فى تفرد منظومتنا الشمسية.

إن عملية تشكل الكواكب - على الأقل فيما يخص منظومتنا - تتسم بانخفاض الكفاءة وكثرة الفاقد. فمعظم مادة السديم إما قد استقرت فى الشمس أو ألقى بها فى الفضاء الخارجى. وحتى على مستوى النموذج الكواكبى المصغر، الذى ندافع عنه هنا، انتهى الأمر بكواكب لا تحتوى إلا على ١٠٪ من المادة التى كانت فى الأصل متاحة. وفى النماذج الأكثر تبكيرا مثل تلك التى تفترض تكون كرات غازية عملاقة من قرص كثيف ينبغى أن يلقى بنحو ٩٩٪ من المادة المتاحة فى الأصل. فما ظن المرء بمصنع

ألقى بمعظم مادته الخام؟ لقد كانت نسبة المواد الأولية التى انتهت بتشكيل الكواكب من الضآلة بحيث لا يتردد أى مراقب للحسابات فى حذفها من دفاتره!

١-٤-٣ أنواع الكواكب الثلاثة:

إن أكبر فارق لافت للانتباه فى المنظومة الشمسية، هو التمايز ما بين الكواكب العملاقة، والكواكب الصخرية الداخلية. وفى واقع الأمر فينبغى أن يكون تقسيم الكواكب إلى ثلاث فئات، فأورانوس ونبيتون عملاقان ثلجيان أكثر من كونهما عملاقين غازيين كالمشترى وزحل. والكواكب بهذه الكيفية تناظر المكونات الثلاثة الرئيسية للسديم الشمسى: الغاز، والثلج، والصخور. وبالإضافة إلى هذه الفروق فى التركيب بين الفئات الثلاث للكواكب فهناك الفروق اللافتة فى كتلها.

ليس هناك من دليل دامغ على افتراض وجود مثل هذا التقسيم الثلاثى فى المنظومات الكوكبية الأخرى، إذ يبدو أنه وليد عدد من المصادفات فى الأحداث، منها حجم شظية السحابة الجزيئية التى انفصلت بعيدا كى تتكون منها الشمس والكواكب، وكما سأشرح قرب نهاية هذه الرواية. فإن سديما أكبر كان من شأنه أن يفرز ثلاثة عمالقة غازية لا عملاقين فقط، وفى هذه الحالة تتنبأ النماذج الموضوعة بأن واحدا منها كان سيلفظ بعيداً خارج المنظومة تماما، ويدور الثانى بعنف فى فلك شديد البعد عن الشكل الدائرى، فى حين سينتهى الأمر بالثالث إلى مدار شديد القرب من النجم.

١-٤-٤ عمالقة بهيئة نبات الفطر النفاث Giant puffballs

لقد تقابلنا مع تلك الأجرام من قبل. فأحد أساليب تكون الكواكب العملاقة أو الأقزام البنية هو التفتت المباشر للسديم الشمسى. ولأن هذه العملية تجرى بسرعة

فإنها تتميز بإفراز كواكب أو نجوم قزمية غنية بالغاز، بينما ما يزال الغاز محيطا بها، ولكن هذه الميزة تعادلها مشاكل أخرى عديدة.

ونماذج بناء مثل هذه الكواكب ذات الغاز الوفير لها نتائج مثيرة يمكن التنبؤ بها. ومصدر الإثارة هو أن هذا النموذج يؤدى إلى انقسام السديم إلى أجرام فى حجم المشترى، وهو ما يفسر وجود الكواكب العملاقة. ولكن إذا كان السديم قد انقسم إلى شظايا فكان ينبغى أن يكون لكل الكواكب تراكيب متماثلة أو تراكيب ذات تسلسل منتظم طبقا للمسافة. وهنا تكمن المشكلة، فالكواكب العملاقة كلها مختلفة. وتتباين نسبة الغاز فى هذه الكواكب الأربعة جميعها. فليس للمشترى نفس تركيب الشمس كما كان يجب لو أنه ببساطة كان جزءا من السديم الأصلى.

وهناك مشكلة أخرى تهدد هذا المفهوم، فالمشترى وزحل طبقا له هما كتلتان من السديم لم يعتورهما تبديل، إذ إن لهما لبا من الصخر والثلج. وطبيعة هذا اللب مستنتجة من قياسات الجاذبية التى أجرتها مركبات الفضاء. وهناك درجة من عدم اليقين بخصوص حجميهما، بحيث إن كتلة كل منهما تتراوح ما بين ستة أضعاف وعشرين ضعفا من كتلة الأرض.

وسأتبع أنا الرقم ١٠ كرقم وسط معقول بين التقديرات المختلفة. كيف يتكون هذان الباطنان؟ إن للأرض باطنا من الحديد، لأن الحديد أكثر كثافة بكثير من المادة الصخرية التى سقط فى وسطها فى البداية عندما كانت الأرض ما زالت فى صورة منصهرة.

ومهما يكن فإن الضغط ودرجة الحرارة فى باطن المشترى يبلغان - على التوالى - ٧٠ مليون ضغط جوى، ٢٠٠٠٠ درجة على مقياس كلفن، فى حين يصلان فى باطن زحل الأصغر حجما إلى ٤٠ مليون ضغط جوى وأكثر من ١٠٠٠٠ درجة كلفن قليلا.

بهذه الظروف شديدة التطرف، لو كان الكوكب قد تكثف من كتلة ضخمة من السديم لبقى كل شىء على حاله فى شكل ضرب من (الحساء) المتجانس، ولم تكن المادة الأكثف لتنفصل وتهوى إلى الداخل مكونة باطنا متمايزا.

إن السبيل الوحيد للوصول إلى باطن متمايز لمثل هذا الكوكب الضخم هو وجود هذا الباطن من البداية ثم تراكم بقية مادة الكواكب فوقه. وافتراضية الكويكبات متناهية الصغر، تقول بأن الباطن ينبنى من أجسام من الصخر والثلج حتى يصل فى الحجم إلى ما يؤهله لأن يجمع غلافا من الغاز حوله. وسأناقش كيف يحدث هذا بعد قليل.

لهذه الأسباب حل نموذج البناء التدريجى جزءًا جزءًا محل معتقد تشكل الكواكب من تكاثفها المباشر من السديم.

١-٤-٥ هل تكونت كواكبنا من تراكمات من الغبار:

قد يعتقد المرء أن تشكل الكواكب من القرص الغبارى يمكن أن يتم -ببساطة- بتجمع الغبار من السديم حول مراكز من الصخر، التى يحتمل أن تظهر -بصورة طبيعية نتيجة حدث محلى أو ربما من الحلقات الموجودة فى الفضاءات بين الكواكب- طبقا لقاعدة بود- على أن هذه الصورة المبسطة التى كانت ملمحا لبعض النماذج القديمة، يعوزها الدليل.

ويخبرنا هذا أن الكواكب هى تراكمات من أشياء كبيرة لا من الغبار، فقد كان العديد من الأجرام المتنوعة ذات الأحجام المختلفة يعمر المنظومة الشمسية فى تلك الحقبة المبكرة قبل أن تنجرف من أمكنتها وتؤول إلى الكواكب الحالية.

إن الأسطح الخارجية للكواكب والأقمار ما زالت تحمل آثار اصطدامات أشياء كبيرة بها. والبرهان جد واضح فيما نشاهده على سطح القمر من خلال مرقاب صغير

أو منظار مكبر. فمن المألوف أن ترى حفرا بمساحة فرنسا أو تكساس، تحيط بها حلقات من الجبال (انظر شكل ١١). لقد تشكلت هذه الحفر من ارتطام أجرام ذات قطر يبلغ زهاء ١٠٠ كيلو متر.

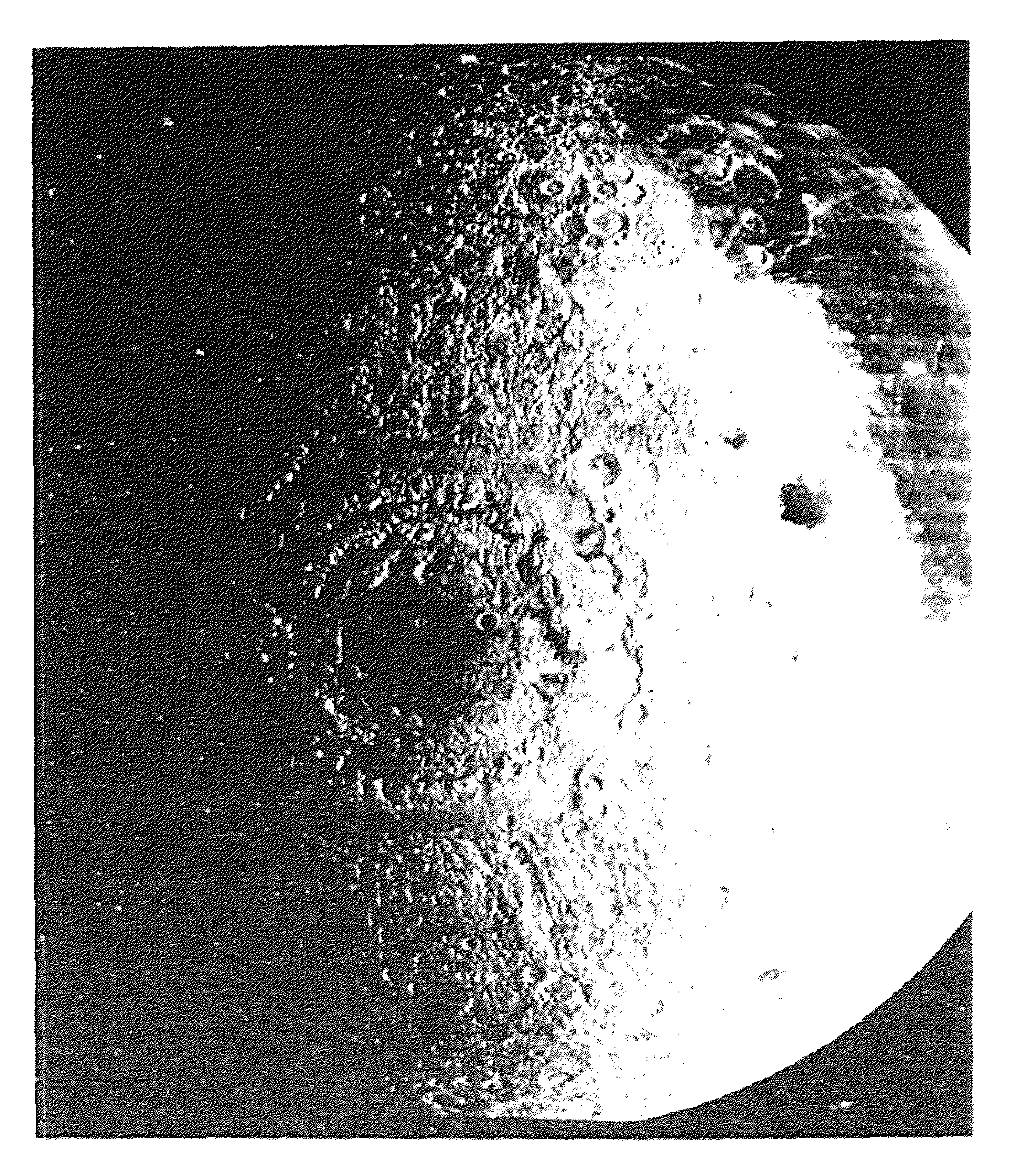
ومحاور دوران معظم الكواكب ذات ميل بزوايا مختلفة على المستوى المشترك للنظام الشمسى، كما أنها تلف حول نفسها بمعدلات مختلفة، وهو ما يبدو أمرا غريبا على هذه المنظومة. فلو أن الكواكب قد نشأت من تراكم الغبار أو الأجرام الصغيرة فقط لبقيت محاورها عمودية قائمة، إذ ما من علة هناك جديرة بأن تحدث اضطرابا فى هذا النسق الدقيق. ولكن بدلا من ذلك فإن محاور الكواكب مائلة كما لو كانت لوحة منصوبة للرماية .. لوحة رماية يقذفها الرماة (فى مدينة ملاه كونية).

إن ارتطاما هائلا يلزم لكى يميل محور الأرض بمقدار ٢٤ درجة. والنموذج الذى يفسر أصل نشأة القمر يقوم على أن جرما أكبر من المريخ قد ارتطم بالأرض، فمثل هذا الحدث حرى بإحداث الميل فى محور الأرض، وفى تحديد مدة اليوم الأرضى (٢٤ ساعة). ويلزم أن يرتطم بجانب كوكب أورانوس جرم بحجم الأرض.

أما الزهرة فإنها تدور حول محورها ببطء فى اتجاه معاكس. ففيم اختلاف دوران هذا الكوكب؟ لعله يعود إلى ارتطام جرم له حجم المريخ (كضربة على الرأس) مما أوقف دوران الكوكب وعكس اتجاهه، أو لعل الزهرة قد نشأت من تراكم أجرام صغيرة وقدر لها أن تنجو تماما من الارتطام بجسم كبير، فيكون عدم ميل محورها وبطء دورانها حوله هو المحصلة الطبيعية لكونها نشأت من تراكم عدد من الأجرام الصغيرة.

والخلاصة، فلعل المتوقع من تراكم الغبار الكونى أن يفرز كواكب ذات تركيب أكثر تجانسا، وكنتيجة أخرى أن نرصد بعض الاختلافات المنتظمة فى تراكيب الكواكب باطراد بعدها عن الشمس. إلا أننا لا نلحظ أيا من هذين الأمرين.

ومن هنا، تدلنا الحالة الراهنة للمنظومة الشمسية على وجود أجرام كبيرة فى أثناء نشوء الكواكب، التى كونت نفسها بتجميع أجرام كبيرة من كل الأحجام (فى حجم يصل إلى المريخ أو عطارد) لا من الغبار الكونى.



شكل (١١)

موقع ارتطام عنيف بسطح القمر (البحر الشرقى Mare Orientale) تصل مساحته لمساحة فرنسا. وهو موقع اصطدام جرم بالقمر قبل ٣٨٠٠ مليون سنة، حين رجم أو (رشق) كويكب متناهى الصغر قطره نحو ٥٠ كيلو مترا، سطح القمر، محدثا هذه

الحلقات الدائرية ذات المركز المشترك من الجبال التى تصل لعدة كيلو مترات ارتفاعا – خلال دقائق معدودة. و(البحر الشرقى) نموذج كلاسيكى للأحواض متعددة الحلقات. ويبلغ قطر حلقة الجبال الخارجية "مونتيس كورديلليرا Montes Cordillera" تسعمائة كيلو متر. والمساحة الصغيرة المعتمة من البازلت إلى الشمال الشرقى جريما لدى Grimaldi يمكن مشاهدتها من الأرض بمنظار مكبر. والحافة الغربية من السهول البازلتية المسماة أوشينوس بروسيللاروم Oceanus procellarum ترى لدى أفق الصورة إلى الشمال الشرقى. (صورة رقم ١٨٧ للقمر من مركبة ناسا أوربيتر ٤ Orbiter 4)

١-٤-٦ الأجرام الصلبة الأولى:

لا تفلح النماذج التى تقول بنشوء الكواكب من السديم الغازى، أو التى تقول بنشوئها من تراكم الغبار على ما يبدو (على الأقل فيما يخص جيرتنا). فلنتحول إذن إلى النماذج التى تتبنى فكرة نشوء الكواكب على نحو مطرد جزءًا جزءًا، كمن يبنى بيتا من تلة من قوالب الطوب. على أن هذا النموذج لا يخلو –هو الآخر– من المشاكل.

فكيف يتسنى لك – إذ تبدأ من قرص غبارى يصل قطر حبيباته فى المتوسط إلى عُشر الميكرون – أن تنتهى إلى بناء كوكب بهذه الضخامة التى هيأت لمن كان يسير عليه من المجتمعات البدائية أنه مسطح؟ ما الذى ألصق هذه الحبيبات معا؟ ليس تصور هذه الكيفية. بالأمر اليسير.

وتطرح غالبية النماذج الموضوعة تفسيرا لذلك، التصاق الحبيبات بتطامن الغبار لأسفل نحو وسط المستوى الذى كان يدور فيه القرص الغبارى. تكمن المشكلة فى أن توازن القرص حرى بأن يضطرب مع زيادة تكاثف الحبيبات قرب المستوى المركزى. وسيمنع هذا الاضطراب الحبيبات من أن تلتصق معا. وبذا نكون قد وصلنا إلى طريق مسدود.

ورغم هذه المشاكل التى لم نفلح فى فهمها إلا قليلا، فمن الجلى أن أجراما صلبة - لعلها تصل فى حجمها إلى بضعة أمتار - لا بد وقد تكونت فى خلال ملايين السنين التى تلت نشوء الشمس، وإلا لكانت كل المادة من غاز وغبار دقيق بالمثل قد انجرفت إما إلى داخل الشمس أو إلى خارج نطاق المنظومة الشمسية الداخلية.

ولما كنا نفتقر إلى ما نستند إليه فلسنا أهلا لمناقشة هذه المشكلة. من المحتمل بمجرد أن تبلغ الحبيبات حجما معينا- ربما بضعة أمتار- ألا تعود عرضة للتأثر باضطراب الغاز، وتأخذ فى التجمهر قدما لتصل إلى أجرام يبلغ عرضها بضعة كيلومترات.

ترى.. كم من الوقت تستغرقه هذه العملية؟ إن التقديرات ترجح فترة تتراوح ما بين بضعة عشرات من آلاف السنين إلى بضعة مئات الآلاف لهذا التكدس. وإنما نستدل على هذه الأحداث المبكرة جدا بما تكنه تلك النيازك التى نعثر عليها بين الفينة والفينة، من معلومات قيمة. حقا لقد حان الوقت لمناقشة موجزة حولها.

١-٤-٧ أكثر العينات قدما على الإطلاق:

فى عام ١٤٩٢، ذات العام الذى اكتشف فيه كولومبس أمريكا، سقط نيزك بالقرب من قرية "إنزيشيم" **Ensisheim** بالألزاس. كانت تلك المنطقة التى تقع الآن ضمن مقاطعة فرنسية، تشكل وقتها جزءاً من الإمبراطورية الرومانية المقدسة، وكان سقوط النيزك حدثا مشهودا، إذ سمعت أصوات انفجارات الجرم وتحطمه على بعد مئات الكيلومترات فيما كان يعبر السماء فى اتجاه الشمال الغربى عبر سويسرا حتى انفجر فوق الراين.

لقد اتخذ الإمبراطور من هذا الحدث نذير شر من السماء وذريعة لتوجيه هجوم ناجح على فرنسا، آمرا بالاحتفاظ بالحجر، الذى ما زال - حتى الآن - هناك فى قاعة

المدينة Town Hall. لقد وضع القرويون حول الحجر السلاسل لمنعه من الانطلاق ثانية صوب السماء، بل وأرفقوا به العبارة التالية: "العديدون يعرفون الكثير عن هذا الحجر، وكل شخص يعرف شيئا ما، ولكن لا أحد يعرف بما فيه الكفاية". يا له من تعليق منصف عن مدى فهمنا للنيازك[١١].

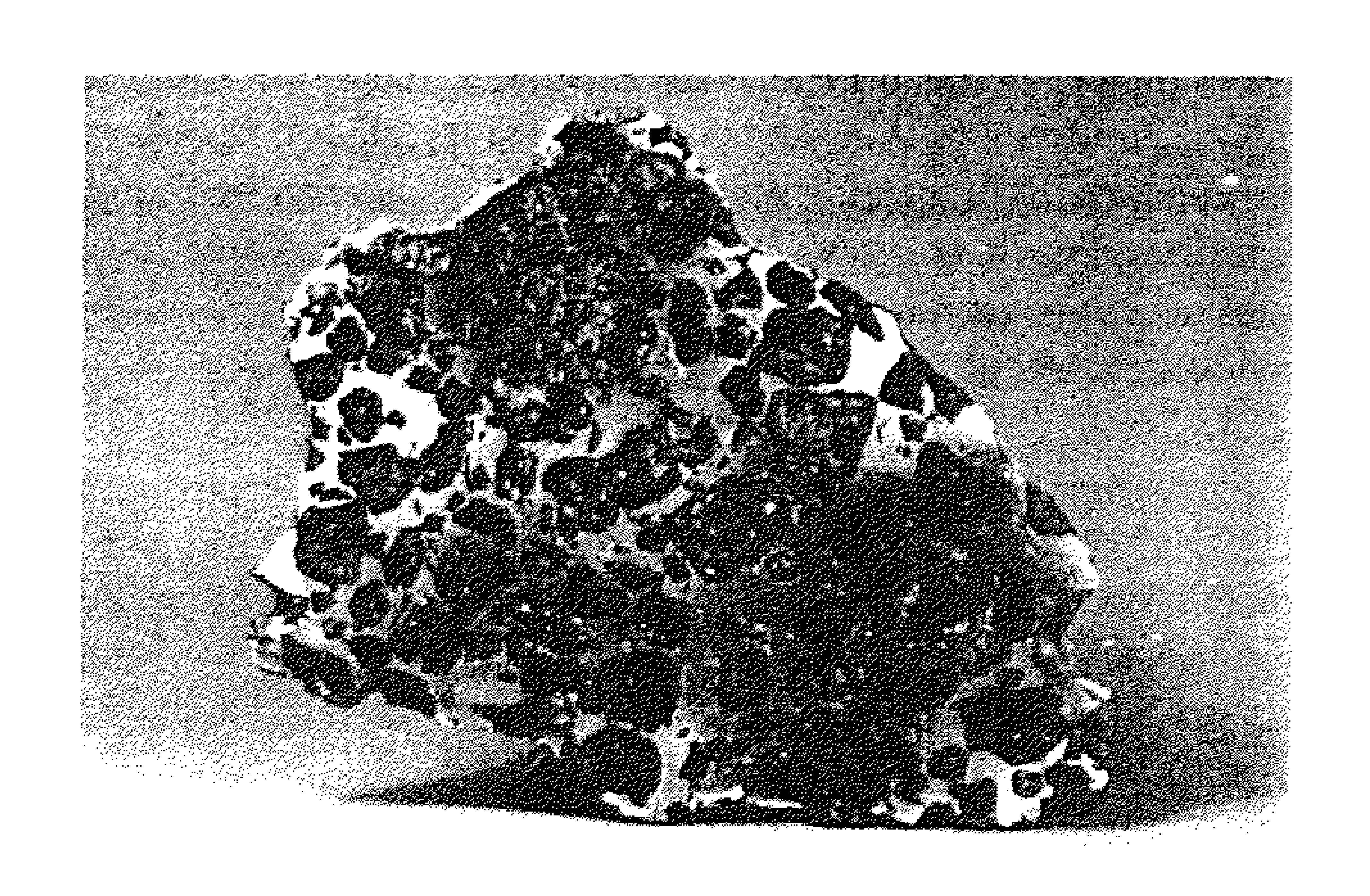
إن الميزة الحاسمة هو أن بوسعنا أن نحلل هذه الأحجار النيزكية، بل وأن نحدد أعمارها – وهو الأمر الأكثر أهمية. وليست هذه بالمهمة التافهة التى يتيسر إنجازها في مختبراتنا على سطح الأرض. فبعض مكونات النيازك – كالماس وكربيد السليكون ما زالت تحمل ذكريات من حقبة ما قبل نشوء منظومتنا الشمسية.

ويتوافق تركيب بعض النيازك الأولية مع تركيب الشمس من ناحية الكثير من العناصر، فى حين تخبرنا نيازك أخرى عن وجود كويكبات سيارة صغيرة انصهرت وأفرزت حمما بركانية فى خلال بضعة ملايين من السنوات بعد نشوء النظام الشمسى. ولعل أكثر المعلومات دراميـة هى تلك التى تزودنا بها النيازك الحديدية التى تكونت فى رحم أجرام صغيرة، يقل حجمها عن بضعة مئات من الكيلومترات.

إن الكتل العيانية من الحديد التى نشاهدها فى المتاحف والتى تمثل كل فكرتنا عن النيازك تجيء من أكثر من ٦٠ جرما مختلفا، هى نسخة مصغرة جدا من كواكب انصهرت على مدى بضعة ملايين من الأعوام بعد نشوء المنظومة الشمسية. لقد رسب الحديد إلى القاع ليشكل باطنا تحيط به قشرة من الصخور. وبعض أكثر نيازكنا فخامة هى خليط من فلز الحديد والأوليفين المعدنى الأخضر (الزبرجد الزيتونى) (انظر شكل ١٢). ولقد تكون هذا التركيب فى النيازك فى النطاق ما بين الباطن والقشرة عندما تحطمت هذه الكويكبات فيما بعد من جراء الاصطدامات التى أرسلت بالقطع والشظايا –فى حركات بهلوانية– صوب الأرض. ورغم كل شيء فينبغى أن نرى النيازك من هذا المنظور.. فهى صخور نجمت عن تحطم كويكبات، وبالتالى فإنها تأتى من حيز ضئيل، ومتفرد من منظومتنا الشمسية.

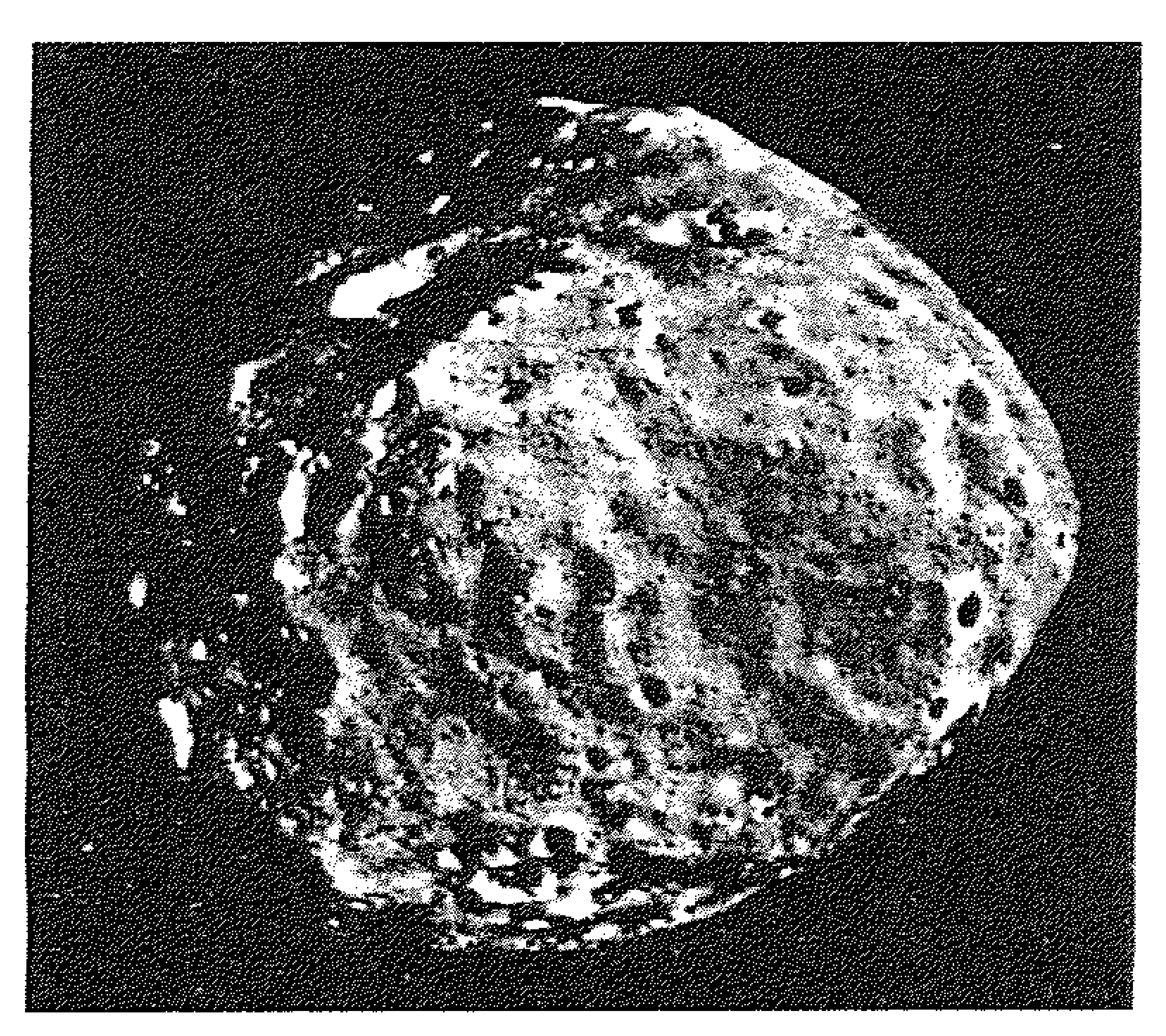
والعامل المصيرى هو أن المدون على النيازك يمثل مصدرنا الوحيد للمعلومات فيما يخص الحقب المبكرة جدا من تكون منظومتنا الشمسية. فلنسترح إذ صار لدينا خط مرجعى راسخ يتسنى ربط التاريخ به، مثل تقسيم التاريخ الإنسانى إلى ما قبل الميلاد (ق.م) وما بعد الميلاد (ب.م) والذى يمثل علامة فارقة وحدا فاصلا. (وعلى كل حال فإذا كنا نبحث عن تاريخ ينسب إليه بدء الحضارة الغربية فلعل تاريخ تأسيس روما عام ٧٥٣ ق.م اختيار أوفر فى منطقيته).

ترى ما هو الحدث الذى يصلح فيما يخص المنظومة الشمسية؟ هل نرسى نقطة بدء حساب الزمن عند انفصال السحابة الجزيئية، أم تكون القرص الغبارى حول الشمس؟ أم نشوء الشمس ذاتها؟ ليس من ضمن هذه الأحداث ما يمكن توقيته وقياسه بدقة. وإنما أكثر العلامات الفارقة التى نركن إليها لبداية التأريخ للمنظومة الشمسية هو عمر أقدم الأجرام الصلبة التى عثرنا عليها فى النيازك. فهى ما بمقدورنا أن نؤرخ له بالدقة الواجبة، وأقدم الأشياء التى يمكن أن نعول على التأريخ بها هى المحتويات من المواد المعدنية الصامدة للحرارة. فهى حبيبات ضئيلة من مواد معدنية، تواجدت فى درجات حرارة عالية فى خلال دورات متعاقبة من التكثف والتبخر داخل القرص المضطرب غير المستقر حول الشمس. لقد تشكلت هذه الحبيبات منذ ٤٥٦٦ مليون سنة، وكما ذكرت سابقا يبلغ هامش الخطأ فى تحديد هذا التاريخ نحو ٢ مليون سنة. ورغم هذا الزمن المديد – بمقياسنا البشرى للزمن– فإن عمر الكون يصل إلى نحو ثلاثة أضعاف هذا الرقم.



شكل (١٢)

نيزك عثر عليه فى "دورا" بنيو مكسيكو. وصل للأرض بعد تحطم كويكب صغير إثر ارتطام ما. هناك بلورات من الأوليفين المعدنى الزيتونى من الدثار الصخرى مدفونة فى حديد اللب المعدنى للنيزك (بتصريح من أدريان بريرلى، معهد النيزكيات - جامعة نيومكسيكو).



شكل (١٣)

كويكب تم اقتناصه: فوبوس قمر المريخ الأكبر قطره (٢٦ كيلومترا) وهو شبيه بالكويكبات متناهية الصغر (مطبوعات ناسا المرجعية رقم ١١٠٩، ١٩٨٤).

١-٤-٨ لبنات البناء:

لقد وعدت سابقا أن أعود إلى افتراضية الكويكبات متناهية الصغر Planetesimal Hypothesis. ففى ضوء معارفنا الراهنة، بدأ قرص الغبار الدوار حول الشمس فى التجمع والاندماج فى مراحل زمنية مبكرة، وتكونت كل أنواع الأجرام، اعتبارا من الحبيبات التى تلاصقت معا من خلال عملية غير مألوفة لتكون كتلا عرضها متر تقريبا.

وقد تنامت هذه الكتل بدورها لتصل إلى عرض الكيلومتر تقريبا ثم إلى مئات أو آلاف الكيلومترات قبل أن تنجرف داخل الكواكب الأرضية. وهذه الأجرام المبكرة هى الكويكبات متناهية الصغر التى سبق لى الحديث عنها. وفوبوس - قمر المريخ الأكبر هو نموذج لهذه الأجرام (شكل ١٣) التى ترى وجهة النظر الراهنة فيها اللبنات التى بنيت منها الكواكب الداخلية والباطن الصخرى والثلجى للكواكب العملاقة.

ويعود المصطلح "الكويكبات متناهية الصغر إلى ت.س. تشامبرلين (١٨٤٣-١٩٢٨)، ف.ر. مولتون (١٨٧٢-١٩٥٢) بجامعة شيكاغو (عام١٩٠٥). فقد تكاثفت الأجرام الصغيرة طبقا لنموذجها من (فتيل) أو خيط انجذب بعيدا عن الشمس بتأثير نجم مار بجوارها. ولم يطل العمر بنموذجهما هذا، وإن بقيت التسمية صالحة لإطلاقها على الأجرام الصغيرة التى تجمعت منها الكواكب الداخلية معا.

كانت المشكلة الرئيسية فى نموذج تشامبرلين ومولتون هى أن هذا الفتيل المفترض كان حريًا بأن يتلاشى فى الفضاء كما الدخان لا أن يتكاثف فى شكل كويكبات متناهية الصغر. على أن مشكلة أخرى تبدت بعد ذلك أكثر وضوحا، فبالكواكب الكثير من الليثيوم والبيريليوم والبورون، وهى عناصر يندر وجودها فى الشمس (والمفروض أن الشمس هى مصدرها).

فهذه العناصر – على ندرتها – تتوافر فى الكواكب والنيازك أكثر من مائة مرة قدر وجودها بالشمس. ويرجع ذلك إلى أنها تُستهلك بمرور الوقت فى أتون الشمس النووى.

وطبقا لفهمنا الراهن فإن الكويكبات متناهية الصغر تتكون بعد أن تكون الكتلة الأصلية من الغاز والغبار قد تشكلت فى هيئة قرص دوّار، وهى المرحلة التى يشيع الحديث عنها كمرحلة السديم الشمسى.

ومع قرص غير مستقر قد تنمو الأجرام إلى مقاس الكيلو متر عرضا فى مدى عشرة آلاف سنة. وهذه هى المادة التى تجاوزت الأحداث العنيفة الواقعة داخل السديم الشمسى المبكر وبقيت بعدها. وتتراكم هذه المواد الناجية من مرحلة الأحداث العنيفة فى شكل أجرام أكبر تجمعت معا فى خاتمة المطاف لتكوّن الكواكب الداخلية وتكون الأرض التى تلاءمت حياتنا على سطحها مع ظروفها.

١-٤-٩ تكون الكواكب:

رغم أننا نجد الكثير من الاختلافات بين الأرض وذوى قرابتها من الكواكب الداخلية، إلا أن المرء ربما اعتقد أن الكواكب العملاقة – على الأقل – متجانسة ومتقاربة فى التركيب مع الشمس. فمن شأن هذا المعتقد أن يبسط فكرتنا عن كيفية نشوء هذه الكواكب. على أية حال، فبازدياد معلوماتنا عن الكواكب العملاقة يتكشف لنا أنها – مثلها مثل أقرباء الأرض من الكواكب الداخلية – ذات تركيب معقد، ذلك التعقيد الذى نجده بين أفراد الأسرة الواحدة.

لقد انجرف معظم غاز السديم بعيدا فى غضون بضعة ملايين من الأعوام بعد نشوء الشمس. ولما كان على العملاقين الغازيين أن يتشكلا قبل تلاشى الغاز،

فلا مفر من افتراض تاريخ أكثر تبكيراً لنشوء المشترى. وقد تعين على زحل هو الآخر أن يبادر بالتشكل، وإن تأخر ذلك قليلا عن تشكل المشترى، عندما لم يتبق إلا القليل من السديم الغازى. ولا بد أن المادة المكونة لأورانوس ونبتون قد تجمعت فى حقبة تالية، فهما مكونان فى المعظم من الثلج والصخور، مع نسبة ضئيلة من الغاز.

ومشكلتنا الرئيسية فيما يخص تشكل المشترى وزحل، هى حاجتنا لتفسير تكون باطنهما من كمية من الصخر والثلج تبلغ كتلتها حوالى عشرة أمثال كتلة الأرض، فى مرحلة مبكرة جدا، وهما على هذا البعد عن الشمس. يبدو هذا غريبا حيث أن السديم تناقصت كثافته كلما زاد البعد عن الشمس. فلماذا لم يتكون المشترى على مسافة أقرب؟ ستتجلى هذه المشاكل بصورة أوضح عندما أتكلم عن النموذج الحالى لتشكل المشترى قبل التلاشى الكامل للسديم الغازى.

لقد نشأت الكواكب الصخرية الداخلية مما تبقى من حطام صخرى فى داخل المنظومة الشمسية بعد أن نبذت الشمس فى طورها المبكر العنيف الغاز والعناصر سهلة التطاير. فى ذلك الوقت كانت جمهرة هائلة من الكويكبات متناهية الصغر - تتراوح أبعادها ما بين الأمتار القليلة إلى آلاف الكيلومترات - تتطاحن وتتصادم فى داخل المنظومة الشمسية، وانتهى الأمر بتجمعها رويدا رويدا حول أربعة مراكز مسيطرة.

كيف كانت تبدو هذه الأجرام التى اختفت الآن قبل النهاية العنيفة المتمثلة فى انجرافها صوب الأرض أو الزهرة؟ هل كانت قد تشكلت فى صورة نسخة بالغة الصغر من الكواكب ذات قشرة صخرية وباطن حديدى منفصلين عن بعضهما؟ الإجابة هى نعم ، على الأقل فيما يخص الأجرام الكبيرة منها، فربما كانت تشبه الكويكبات مثل

إيدا ٢٤٣ Ida243. (*) والشبيهان الآخران هما فوبوس وديموس، قمرا المريخ اللذان نعتقد فيما يشبه اليقين أنهما كويكبان التقطهما المريخ.

ترى.. كم لزم من الكويكبات متناهية الصغر، لتتكون الكواكب الداخلية.. عطارد والزهرة والأرض والمريخ؟ تشير نماذج المحاكاة بالحاسب الآلى إلى أنه - قبل تمام الانجراف مباشرة - كان هناك أكثر من مائة جرم فى حجم القمر، عشرة لها كتلة تفوق كتلة عطارد والعديد منها تتجاوز كتلته كتلة المريخ.

وقد حاز التوأمان (الأرض والزهرة) معظم هذه الأجرام (فكتلة المريخ زهاء عشر كتلة الأرض، فى حين لا تزيد كتلة عطارد عن واحد على العشرين من كتلتها). وقد كان حريا ببعض من أكبر هذه الأجرام أن تتشكل هى الأخرى ككواكب داخلية مستقلة لو كتب لمصيرها أن يتخذ مسارا آخر.

كم يا ترى من الوقت لزم كى تتجمع مادة كوكب الأرض معا؟ لقد تشكلت الكواكب الداخلية بأسلوب أكثر تمهلا مما تكونت الكواكب العملاقة، وبعد تلاشى الغاز بحقبة مديدة. ففى أعماق السديم الذى نفدت مادته احتاج الأمر إلى ما بين ١٠، ٥٠ مليون سنة كى تتجمع الأجرام المتبقية والمبعثرة وتتضام على بعضها معا. وفى النهاية اتسقت هذه الكتل فى هيئة كوكبين كبيرين وكوكبين أصغر منهما، وهى الكواكب الأربعة المألوفة لنا فى حاضرنا الراهن. وكانت أعنف التصادمات من بين آخر الأحداث وقوعا. إن الانهيار المأساوى للكويكبات متناهية الصغر لتؤول إلى كواكب يتنامى حجمها باطراد يذكر المرء بالممارسات المعتادة للجنود فى أثناء وقت الحروب ... فترات طويلة من الملل تتخللها فترات معارك قصيرة حافلة بالرعب والفزع.

(*) إيدا ٢٤٣ Ida243: كويكب يقع ضمن حزام الكويكبات -توجهت إليه مركبة الفضاء "جاليليو" وهى فى طريقها للمشترى عام ١٩٩٣، وهو أول كويكب يعثر له على تابع يدور حوله. (المترجم)

١-٤-١٠ الحيز الذى تشغله المنظومة الشمسية:

إن البحث فى حجم المنظومة الشمسية مسألة تثير المتعة. فهل لهذا الحيز الذى تشغله أى مغزى خاص؟ هل كانت هذه المنظومة أكبر حجما فيما مضى؟ إن المنظومة الشمسية نفسها تمتد حتى الحافة الغائمة لسحابة المذنبات أورت(*) Oart . ووجود كوكب آخر كبير من شأنه أن يجعل من مجموع الكواكب تسعة، (لعل ذلك يحقق غرض المتهوسين بالدراسة الغيبية لمغزى الأرقام) ولكنك ملزم فى هذه الحالة بضم بلوتو أو "سيريس".

ولكن .. ماذا عن جيناميدى وكاليستو وتيتان وتريتون(**) إن محاولة وضع تعريف جامع مانع لكلمة كوكب يصيبك بإحباط كالذى يصيبك حين تحاول أن تحدد معنى محددا للحياة. هل يضم تصنيف المرء فى هذه المحاولة (البغال) ويستثنى (المركبات)؟ سرعان ما يغرق الإنسان فى مستنقع موحل من دلالات الألفاظ.

ومهما يكن، فما يهمنا بشكل مباشر هو ما إذا كان هناك كواكب ضخمة خارج نطاق نبتون. هل كان هناك فى وقت ما كواكب كبيرة كما تخيل" كانت" ؟ فى هذا المكان القصى يضعف تأثير جاذبية الشمس على نبتون. ويسهل تغير مساره بالمرور العابر لنجم ما حتى وإن لم تزد كتلته عن عُشر كتلة الشمس. ولا توجد أية دلالة على مثل هذا التأثير. إن لذلك الكوكب العملاق الأزرق البهى مسارا دائريا منضبطا لا يختلف إلا قليلا عن شكل الدائرة النموذجى. وكما لاحظ بل كاولا(المولود عام ١٩٢٦)

(*) سحابة أورت Oort cloud : هى نطاق هائل يضم عدة بلايين من المذنبات يحف بالمنظومة الشمسية ويمتد حتى منتصف المسافة إلى أقرب نجم منها وسيلى الحديث عنها بالتفصيل فى الباب الثانى (شكل٢٠). (المترجم)

(**) أسماء أقمار كبيرة تدور حول الكواكب العملاقة المشترى وزحل ونبتون. (المترجم)

وهو فيزيائى – جيولوجى من جامعة كاليفورنيا إن هذا الكمال فى مسار نبتون يفضُل معظم المواصفات الموضوعة لآلات الورش لكى تنتج دوائر بهذا المستوى من الدقة.إن وجود كوكب كبير على مسافة أبعد حقيق بأن يبدل خط المسار. وطالما لم يحدث ذلك فنبتون هو أخر كوكب على الحافة الخارجية. ولو كانت هناك كواكب ضخمة خارج المنظومة الشمسية لانتزعتها من مسارها نجوم فى مرورها العابر، لغير هذا الحدث من مسار نبتون.

ومن الجلى أن ذلك لم يحدث، فالكوكب دائب فى مسيرته بهدوء وانتظام لم يتغيرا منذ عدة بلايين من السنوات.

يُرمز بالرمز"س" X لهذا الكوكب الخارجى الضخم المرشح وجوده افتراضا. على أن كل الجهود للكشف عنه لم تكلل بالنجاح، ولم ترصد أية تأثيرات جذبوية لوجود مثل هذا الكوكب من شأنها أن تؤثر على خط سير مركبات الفضاء من طراز بيونير Pioneer أو فويدجار Voyager والتى وصلت إلى أبعد مدى من المنظومة الشمسية. كما لم تنمّ المسوحات التى تمت بالأقمار الصناعية عبر المنطقة تحت الحمراء من الطيف عن أية علامات على وجود هذا الكوكب المفترض (س)، ولا على وجود نجم رفيق معتم للشمس، ولا على ذلك الوحش الأسطورى نيميسيس Nemesis (نجم الموت) الموكول إليه إرسال وابلات من المذنبات لتهلك الجزء الداخلى من المجموعة الشمسية.

لقد نسبت لهذه الكوارث الدورية المسئولية فى تكرار دورة انقراضات الكائنات الحية المزعومة كل ٢٦ مليون سنة وكما سجلت فى الأحافير. وكما سأناقش فيما بعد، لم تصمد فكرة هذه الدورة المتكررة المدّعاة ولا ربطها بالحفر على سطح الكرة الأرضية للبحث العلمى المحص. وهكذا، لم تتحقق توقعات تنبأت فيما مضى بوجود كواكب خارجية مسكونة. فنبتون هو الحافة الخارجية الواقعية لمجموعة كواكبنا.

١-٤-١١ حالة الاستقرار المديدة للمنظومة الشمسية:

ضمن أسئلة أخرى يلزمنا التساؤل عن مدى درجة استقرار مجموعتنا الشمسية وتنظيمها، فمع تزايد قدرات الحواسب الآلية، جرى توظيفها لتمحيص هذه المسألة. وعلى أية حال فلم نوفق حتى الآن فى الوصول إلى دليل حاسم على استقرار المنظومة. إلا أن الأنباء الطيبة تأتينا من أن مدارات الكواكب - وإن اعتورتها بعض التبدلات الطفيفة- مستقرة ربما على مدى عمر المنظومة برمته، طبقا لحسابات "لابلاس". ومع غياب الدليل الدامغ على تمام استقرار المنظومة الشمسية يتركز النقاش الرئيسى حول عمرها الطويل.

ومما يدعو الجيولوجيين وعلماء الكيمياء الجيولوجى إلى الارتياح ما يبدو لهم جليا من استقرار طويل المدى تشير إليه السجلات الجيولوجية. فالصخور الرسوبية التى خلفتها المياه الجارية تعود إلى حدود تواريخ السجلات الجيولوجية أى لنحو أربعة بلايين سنة. ووجودها فى تلك الحقبة القديمة وعلى مدى العصور التالية لها يظهر أن درجة الحرارة على سطح الأرض كانت تتراوح ما بين درجتى تجمد الماء وغليانه. ولقد استدام انتظام هذا النطاق المنتظم من درجات الحرارة رغم مشكلة "الشمس المبكرة الواهنة" **Faint early sun problem** التى سيتم بحثها فيما سيلى من الكتاب.

والعديد من المسارات فى حزام الكويكبات مستقر. ونطاقها المحدد بطبيعته استدام منذ أبكر العصور. ولم يحدث تداخل بين فئات النيازك المختلفة - وكما يبدو لنا- إلا على نطاق ضيق للغاية عبر بلايين السنين. ويبدو أن الكويكب الضخم "فيستا" قد حافظ على وضعه المستقر لمدة تربو على $\frac{١}{٢}$ ٤ بليون عام، رغم أن قطعا ضخمة قد انتزعت منه خلال حقبة زمنية ما إثر اصطدام هائل، وقد انجرفت هذه القطع إلى موضع جعل تأثير المشترى يقذف ببعض منها إلى مسارات الأرض التى تقاطعت

معها، وهو ما أمدنا بالنيازك البازلتية التى نطلق عليها اليوم اسم اليوكريتات eucrites. أما غالبية المسارات فيما بين الكواكب فقد أصبحت غير مستقرة. فالأجرام فى هذه الفراغات سرعان ما تجرفها الكواكب. وأية مذنبات يتصادف أن تتجول فى الفراغات ما بين الكواكب - مثل ما فعل تشيرون "Chiron"(*) والقطيع الجوال لقنطورس(**). لا يستديم بقاؤها هناك إلا لعمر قصير.

(*) تشيرون :Chironمذنب فى الفضاء الشاسع بين زحل وأورانوس اكتشف لأول مرة عام، ١٩٧٧ (المترجم)

(**) قطيع قنطورس الجوال: مصطلح يطلق على الأجرام الطوافة فى الفضاء بين زحل وأورانوس، والقنطوروس فى الأساطير الإغريقية القديمة أصلا وحوش نصفها إنسان ونصفها حصان. (المترجم)

هامش الباب الأول

(١) لابلاس. ب. س (١٧٩٦) منظومة العالم، المجلد الأول، الكتاب الخامس (ترجم أ إلى الإنجليزية ج.بوند في ١٨٠٩، دار ر.فيليبس – لندن) ص٢٩٢ .

(٢) بورستين، دانييل.ج. (١٩٨٥): المكتشفون، دار كتب فينتيج – نيويورك، ص٢٩٦ .

(٣) جاكي س.ل (١٩٧٨): الكواكب وعلماؤها – دار ويلي، نيويورك – ص ٢٦ .

(٤) ديك أ.ل (١٩٥٨) موجز حيوات أويري، دار سيكر وواربورج – لندن – ص٩٤ .

(٥) بروش س.ل (١٩٩٦) تاريخ فيزيائيات الكواكب الحديثة، المجلد الأول، مطبعة جامعة كمبريدج ص٢٠ (ويعطى نبذة عن الحوار المشهور بين لابلاس ونابليون).

(٦) بوسع القراء الشغوفين بظاهرة الأجرام الطائرة غير محددة الهوية UFO أن يبدءوا بالرجوع إلى النبذة التاريخية عنها في موضوع "الجدال حول الأجرام الطائرة غير محددة الهوية، وفرضية الحياة خارج الأرض" ضمن كتاب ديك س.ج (الكون البيولوجى) مطبوعات جامعة كمبريدج ١٩٩٦– ص٢٦٧–٣٠٧ .

(٧) وليم شكسبير (١٥٩٩): مسرحية كما تهواه – الفصل الثالث، المشهد الثاني.

(٨) ب. جونسون (١٦١٠): الكيميائي – الفصل الثاني، المشهد الثالث.

(٩) لورد كالفن (و.تومسون) (١٨٩١): "عن الأصل في حرارة الشمس" مجموعة محاضرات وندوات عامة المجلد الأول – دار ماكميلان، لندن ، الطبعة الثانية– ص ٤٢١ ، ٤٢٢ .

(١٠) رغم أن قصة هذا "الفيل تعيس الحظ" كثيراً ما ترْوَى، فلم يرد لها ذكر فى الثلاثة أعمال التقليدية عن حصار المدينة: "حصار لينينجراد ل.جور (١٩٦٢) (مطبوعات جامعة ستانفورد – ص٣٦٣، "لينينجراد فى ١٩٤١ ل د.ف بافلوف (١٩٦٥) مطبوعات جامعة شيكاغو – ص١٨٦" "الأيام التسعمائة.. حصار لينينجراد لـ هـ . إى ساليزبورى (١٩٦٩) مطبوعات هاربور ورو، نيويورك – ص ٦٣٥ .

(١١) هناك وصف مشوق موثوق به عن ظروف سقوط هذا النيزك وتاريخه اللاحق فى مؤلف بوب مارفن (١٩٩٢) "علوم النيازك" – مجلد٢٧ – ص٢٨ إلى ٧٢".

الباب الثانى

العمالقة

تقبع غالبية المادة التى تكون المنظومة الشمسية فى الشمس والمشترى. ومادة كل بقية المنظومة من الضآلة، بحيث يمكن – كتقدير مبدئى – أن تهمل. لماذا كان المشترى هو الكوكب المهيمن؟ كيف تأتى للمنظومة الشمسية أن تكتظ بالكواكب العملاقة التى تبعد بهذه المسافة الشاسعة عن الشمس؟ كيف نشأت؟ ولمَ لم تتواجد على مدى أقرب منها؟ ولماذا كان هناك نوعان من هذه الكواكب العملاقة؟

٢-١ العملاقان الغازيان.. الأصفر والبرتقالى

٢-١-١ المفهوم الأولى المبكر:

المشترى وزحل كوكبان فاتنان، استثارا – بما يحفّ بهما من حلقات وأقمار – شغف الراصدين وإعجابهم. لقد قارن كاتب فطن فيما كتب عن برامج غزو الفضاء الكواكب العملاقة برسومات الفنانين الانطباعيين الفرنسيين(*)" : إن هالات المشترى

(*) الانطباعية: مدرسة فى فن الرسم ظهرت فى القرن التاسع عشر من أهم أقطابها كلود مونيه (١٨٤٠-١٩٢٦) وبيير أوجست رينوار (١٨٤١-١٩١٩) وكاميل بيسارو (١٨٣١-١٩٠٣) وألفريد سيسلى (١٨٣٩-١٨٩٩) وإدجار ديجا (١٨٣٤-١٩١٧). (المترجم)

البرتقالية والصفراء مختلطة الألوان حتى لكأن هذا القرص لوحة رسمها "فان جوخ" في "الآرل"(*).

أما زحل بحلقاته الأرقّ ذات اللون الأصفر الضارب إلى البرتقالية فيشبه أكوام القش التي رسمها "مونيه" في الغبش الذي ينيره ضوء الشمس(**). أما قرص أورانوس فيبدو غير ذي ملامح، مستكينا وكأنه البحيرة الهادئة التي تحفّ بسوسنات مونيه المائية "Water lily"(١).

ورغم عدم تحقق الفلكيين القدماء من الحجم الحقيقي للمشترى، فإنهم قد وفقوا في حدسهم أيما توفيق بتسميتهم له باسم كبير آلهتهم "جوبيتر" فلعلنا ما كنا لنوجد الآن لولا وجود المشترى. فقد طهّر – منذ البداية – المنظومة الشمسية. أما الآن فإنه يقوم بدور الدرع الذى يصدّ عنا طرقات المذنبات. فبدون درع المشترى الجذبوى الهائل هذا لتعرضت الأرض لوابل من القذائف وكأنها في ساحة حرب ضارية. أما زحل الذى سمي باسم إله الرومان المنوطة به الزراعة فقد رصده الفلكيون البابليون في القرن السابع قبل الميلاد. لقد كان هو أكثر الكواكب المعروفة بعدا حتى اكتشاف أورانوس عام ١٧٨١ والذى تلاه اكتشاف نبيتون عام ١٨٤٦ .

٢-١-٢ ما هى الصعوبة التى اكتنفت نشوء العملاقيين الغازيين:

يطرح المشترى علينا العديد من المشاكل الرئيسية. فالكواكب الأرضية الصخرية، بما فيها الأرض – والتى كانت في وقت ما تُعدّ مركز الكون، تافهة إذا ما قورنت به.

(*) عاش الرسام فان جوخ (١٨٥٣-١٨٩٠) في الأرل بجنوب فرنسا في عامى ١٨٨٨ . ١٨٨٩ حيث رسم مجموعة من أهم لوحاته. (المترجم)

(**) رسم كلود مونيه مجموعه من ٢٥ لوحة لكومة من القش في حقل بعد الحصاد في عامى ١٨٩٠ . ١٨٩١ بغرض توضيح تأثير الضوء وأوقات النهار المختلفة والطقس والفصول على الموضوع المرسوم. (المترجم)

تكونت الكواكب بعد نشوء المشترى بحقبة طويلة، من الشظايا والأجزاء الصخرية التى تخلفت بعد تلاشى الغاز والعناصر سهلة التطاير من المنظومة الشمسية الداخلية. على أية حال فقد كان على المشترى أن يتكون بينما كان الغاز ما زال موجوداً فى الجوار. ولعلل أخرى يتكشف لنا أن المشترى قد تكون فى حقبة مبكرة للغاية. ومن المؤكد أنه تكون قبل الكويكبات. وهناك ثغره هائلة فى المنظومة الشمسية عند نطاق حزام الكويكبات. صحيح أن هناك الآلاف منها، إلا أن مجمل كتلتها من الضآلة بمكان، حتى لدى مقارنتها بكتلة قمرنا. فبتجمعها كلها معا لا تتجاوز كتلتها الخمسة فى المائة من كتلة تابعنا الأرضى. ويعنى ذلك أن المادة التى تكونت أصلاً فى القرص عند هذا الموضع قد تلاشت تقريبا. وطالما أن أحداً لم يقترح وجود ثقب فى قرص الغبار والغاز الكونى الأصلى فى ذلك الموضع، فتقول وجهة النظر العامة إن ذلك (جريرة) المشترى. فبمجرد أن نما هذا الكوكب العملاق نمواً كافياً، اجتذب إليه كل ما فى نطاق سيطرته (يا له من تطبيق طيب للقاعدة التى تقول إن الأثرياء يزدادون ثراءً). وما لم يجتذبه الكوكب العملاق إليه، قذف به إلى الحدود الخارجية للمنظومة الشمسية، أو حتى إلى خارجها بالكلية (شأنه شأن شخص جبار مهيمن غير معنىّ بسواه). لقد تسبب المشترى فى أثر مدمر آخر لا يقل خطراً بين الكويكبات متناهية الصغر التى بقيت على قيد الحياة فى منطقة حزام الكويكبات. فقد أخل تأثير جاذبيته الفائقة بمساراتها بحيث لم يعد بوسعها أن تتجمع معا لتكون كوكباً. وها هى ذى ما تزال طوافة فى دورانها كحشد من اللاجئين المنبوذين يُنكر عليهم فرصة الاستقرار والتطامن لتكوين حتى كوكب ضئيل.

ولقد عانى المريخ من مشكلة تختلف عن ذلك قليلاً. لقد نشأ فى بيئة فقيرة قاحلة، وتعطل نموه ريثما يتمكن من لمّ شتات القطع التى خلفها المشترى. وربما يكون المشترى العملاق قد استولى على ٩٧٪ من المادة التى كان المريخ عسياً بأن يستعملها فى تكونه. ومن ثم فقد شبّ كوكبا ضئيلاً، لا تزيد كتلته عن عشر كتلة الأرض إلا قليلاً.

وهكذا، فإن تحليلنا لنمو المشترى المبكر يتكيء على أرصاد وملاحظات متعددة، منها مقدار الغاز الكبير فيه وعدم تواجد أى كوكب عند نطاق حزام الكويكبات، وصغر حجم المريخ، وكذلك قلة عدد الكواكب. فكل ذلك يومىء إلى النشوء المبكر لكوكب عملاق، استحوذ على غالبية مادة القرص.

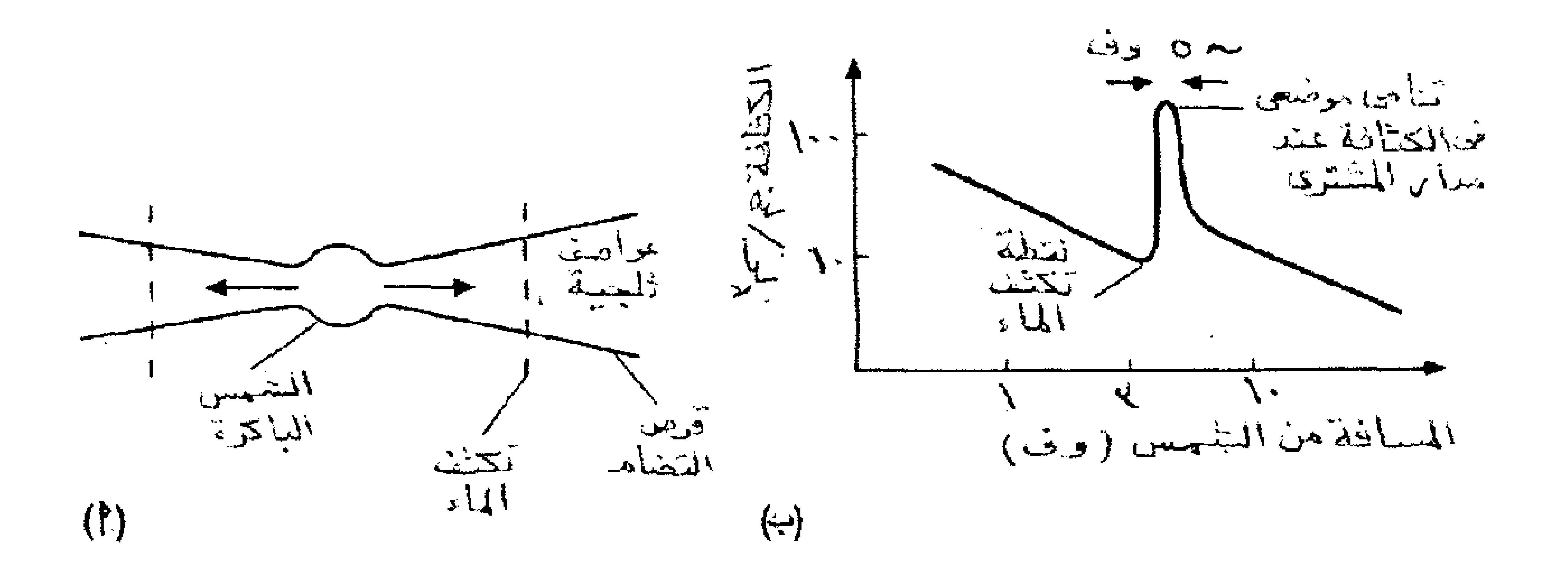
٢-١-٣ النشوء المبكر للمشتري.. والعواصف العاتية فى السديم الأول

لو أن هذه هى القصة كلها لسهل القول بتكثف المشترى مبكراً من السديم، مثل شمس أخرى صغيرة، أو كقزم بنى. لقد شاعت هذه الفكرة عن نشوء الكواكب فى فترة ما كما سبق لى أن ذكرت. على أن المشترى ليس بجرم فشل فى أن يصير نجماً، وإنما هو كوكب بالمعنى الحقيقى، تشكل على مهل جزءًا جزءًا من السديم. فلو أنه كتلة تكاثفت مع السديم الأوّلى لكان له نفس تركيب الشمس. ولكنه بدلاً من ذلك لا يحوى إلا أقل من عشر ما يُتوقع من غاز. وهو أيضًا يحوى كثيراً من الثلج والصخور وقليلا من الغاز مقارنة بما كان متاحًا فى السديم الأولىّ.

وكما ناقشت من قبل تتركز بعض الصخور والثلوج عميقًا داخل باطن الكوكب. وما إن يتكون هذا الباطن الكثيف المركب فى غالبيته من الصخور والغاز والذى ربما تبلغ كتلته عشرة أمثال كتلة الأرض حتى يتساقط عليه الغاز من السديم بفعل الشد الجذبوى. وبهذا الأسلوب يمكن أن يتكون كوكب غازى عملاق قد تزيد كتلته عن كتلة الأرض -فى هذه الحالة- بأكثر من ثلاثمائة ضعف. (انظر شكل ١٤)

على أن هناك مشكلة أخطر فى حالة المشترى. فكيف يتأتى لهذا الكوكب الهائل أن يتكون على هذا البعد الشاسع من الشمس. فعلى بعد خمس وحدات فلكية كانت كثافة قرص الغبار والغاز قليلة. فكيف جرت كل هذه الأحداث فى تلك الفترة المبكرة من تاريخ المنظومة الشمسية؟ لابد لهذا الباطن الكثيف من أن ينمو على عجل فى أثناء

وجود الغاز بالجوار. والغاز فى السديم ينفد فى غضون ملايين قليلة من السنوات قبل أن ينجرف بعيداً. وعلى ذلك فإن باطن المشترى قد تكون بالسرعة الكفيلة باقتناص الغاز. فلو أن الباطن قد تأخر قليلاً فى التكون، أو لو أنه تشكل بمعدل أبطأ لكان الغاز قد اختفى، ولتكون كوكب من صخر وثلج، ولوجدنا محلّ المشترى العظيم عملاقًا ثلجيًا مثل نبتون أو أورانوس. لقد تركت الصعوبة فى تصور نشوء مثل هذا الكوكب العملاق انطباعًا قويًا لدى "جورج ويذيريل" (المولود عام ١٩٢٥) بمعهد كارنيجى فى واشنطن، فعلق على ذلك قائلاً: "أعتقد أننا ما كنا لنتنبأ بوجود المشترى، لو لم نرصده فعلاً"(٢) ومن ثم فإننا محظوظون حقاً بوجود هذا الكوكب المارد الذى يقى درعه الجذبوى النظام الشمسى الداخلى. وعودة إلى مشكلة تشكل المشترى، فالحاجة الجوهرية هى تكوين باطن ضخم من الصخر والثلج على مسافة خمس وحدات فلكية من الشمس. فلماذا على مثل هذا البعد؟ ألم يكن منطقيًا أكثر لو تكون على بعد أقرب منها حيث كان للسديم كثافة أكبر! لقد كان قرص الغبار والغاز الأولى - وكما رأينا سابقًا - مكونات من ثلاثة مركبات أساسية: الغاز والثلج والصخر. وإذ اضطرمت الشمس هبت رياح شمسيه عاتية جرفت الغاز والثلوج بعيداً فى خلال ملايين قليلة من السنوات.



شكل (١٤)

بمجرد أن أضرمت الشمس أتونها النووى، انطلقت الرياح النجمية الغنية طاردة للماء والمواد المتطايرة الأخرى بعيداً إلى خمس وحدات فلكية، وهناك تكثف الماء إلى ثلج تراكم على طول خط جليد Snow line (أ). وزاد هذا من كثافة السديم عند ذلك الموضع (ب) مما أتاح تكون لب ثلجي ذى كتلة تناهز عشرة أمثال كتلة الأرض بسرعة. ومن شأن هذا اللب أن يقتنص الغاز الذى كانت الرياح الشمسية العنيفة مازالت تدفعه بعيداً. والنتيجة التنامى السريع لكوكب المشترى (مقتبسة من ستيفنسون د.ج (١٩٨٩) فى "تكون المنظومات الكوكبية وتطورها"(*) . أ.ويفر، ل. دانى) ص. ٨٥ مطبعة جامعة كامبردج - نيويورك.

وعلى كل حال فعلى مسافة ٥ و ف (الموضع المستقبلى للمشترى) كانت البرودة كفيلة بتحويل الماء المنجرف إلى ثلج. فتجمع هناك على نوع من "الخط الثلجى"، مما أفضى إلى تراكم كثيف للثلج. وأدى هذا إلى ارتفاع فى الكثافة وتنام سريع لباطن المشترى بورود مادة إضافية، وعندما نما نمواً كافياً بدأ فى الاستحواذ على بعض من الغاز الهارب، وأمكن للمشترى أن يقتنص الكثير من المادة ليصير عملاقاً. ومع هذا فلم يجمع المشترى سوى عشرة فى المائة من كمية الغاز الأصلية، فى حين أفلت التسعون فى المائة.

لقد ذرت الرياح الشمسية العاتية فى ذلك الزمن المبكر هذه البقية. وتخلفت فى نطاقنا نحن داخل السديم جمهرة من الكتل والأحجار الضخمة ذات كبر كاف كى يقاوم الانجراف بفعل الرياح. إننا إنما نقف على تل من الصخور المتراكمة من هذه البقايا التى نجت من ذلك المصير.

٢-١-٤ محددات نموّ الكواكب العملاقة

لماذا توقف المشترى عن النمو؟ ما الذى حدّ من تعاظم الكواكب العملاقة؟ لماذا لم تصر أكبر؟ لماذا لم ينته الأمر بكل مادة السديم إلى أن تندمج فى كوكب واحد عملاق، بحيث تصير منظومتنا أشبه بنجم ثنائى؟ تتلخص الإجابة فى أن المشترى، بعد أن اقتنص كل ما فى متناوله، أحدث ثغرة فى السديم خلت من المادة فى المنطقة التى حوله.

والإجابة بالمثل واضحة بالنسبة للعملاقين الثلجيين أورانوس ونبتون. ففى النطاق الخارجى الأقل كثافة من منظومتنا الشمسية، احتاج الكوكبان لزمن أطول ليتكون باطناهما. لقد تكونا فى حقبة متأخرة فلم يتح لهما الإستحواذ على الكثير من الغاز الذى كان قد تلاشى، أى أن تكوّن هذين الكوكبين تحدّد ذاتيًا بنفاد المادة التى كانت ستكونهما. فلو قُدّر لمسافرين فضائيين أن يزوروا سديمًا ذا حجم أكبر، لشاهدوا زوجًا من النجوم الثنائية، بدلاً من رؤيتهم لنجم مفرد حوله ثمانية كواكب ومجموعة من الأجرام غير المعتادة، ولعلهم كانوا سيلاحظون طبيعته الفريدة التى تختلف كثيراً عن المنظومات الكوكبية الأخرى، المغايرة لمنظومتنا.

٢-١-٥ بعض المشاكل الداخلية

يواجهنا تركيب جو كلٍّ من المشترى وزحل، بألوانهما المتعددة ببعض المشاكل المستفزة المثيرة للإهتمام. فمنذ ٣٠٠ سنة رُصدت تلك البقعة الحمراء الشهيرة على سطح المشترى بالتلسكوب والتى تشير إلى دورة رياح حلزونية عاتية. وما زلنا نجهل السر وراء لونها هذا. وقد جرى العرف على اعتبار أن تركيب جوىْ المشترى وزحل مماثل لتركيب الشمس. ومن شأن ذلك أن يتواءم مع الاعتقاد بأنهما كانا أصلاً من شظايا لم يتبدل تركيبها، من القرص الغازى الأوّلى. وحتى بعد أن تبين لنا الآن أن

هذين الكوكبين يحويان من الغاز أقل مما بدآ به، فعلى المرء أن يتوقع أن نسبة الهيدروجين إلى الهليوم ينبغى أن تماثل تلك الموجودة فى الشمس. وجميعنا يعلم كم هو متعذر أن تفصل غازين ممتزجين امتزاجًا جيدًا. فعلى سطح الأرض نحتاج إلى معدات بالغة التعقيد لفصل الأكسجين عن النيتروجين. لهذا فقد تملكتنا الدهشة لدى اكتشافنا أن قياسات نسب الغازين فى جوّىْ المشترى وزحل أظهرت اختلافًا بينًا عن نسبتهما فى الشمس. وبدا أن المشترى قد فقد بعضًا من الهليوم، فى حين نفد هذا الغاز - بصورة أكبر من جو زحل الذى لم يعد به إلا ربع نسبة هذا الغاز فى الشمس.

إن كبر حجم المشترى وزحل منع الهليوم من الإفلات من قبضة جاذبيتهما الهائلة. وبعد كل شىء، فالهيدروجين، الغاز الأخف كان الأجدر بالهروب أولا. ومن ثم تحققنا من أن هذا الفقدان كان بفعل عوامل تعود إلى الكوكبين نفسيهما. ويتبين أن التفسير جدّ سهل. ففى درجات الحرارة المنخفضة، ومع ابتراد الكوكبين تكونت قطيرات سائلة من الهليوم تشبه قطيرات المطر التى تتكاثف من بخار الماء.

ونظرًا لكثافتها فإنها تسقط - شأنها شأن المطر - صوب مركز الكوكب، فى حين بقى الهيدروجين - المكون الرئيسى الآخر - على صورته الغازية. ومن هنا كان تركز الهليوم قرب مركز الكوكب فى حين صار جوّه أغنى بالهيدروجين. وقد برد زحل -وهو أصغر من المشترى - بمعدل أسرع. وكما بالضبط فى الجو البارد، كان الجو مطيرًا بدرجة أكبر. لذا فالهليوم أكثر ندرة فى جو زحل عن جو المشترى.

٢-١-٦ الكواكب العملاقة كالمشترى.. هل هى شائعة الانتشار؟ وهل هى ذات نفع؟

فى الختام ألا يجدر بنا أن نتساءل ما إذا كانت الكواكب الشبيهة بالمشترى شائعة منتشرة فى المنظومات الكوكبية الأخرى! إذا كان نشوء العمالقة الغازية الهائلة

جزءًا من صدفة أو ضربة حظ كتلك التى شكلت منظومتنا، فالكواكب العملاقة ليست بالأمر الشائع، بل بالتأكيد ستبدو الصعوبة الحقة فى تشكل أشباه للمشترى. فدقة التوقيت لها أهميتها. لو أن الشمس كانت أكبر مما هى عليه أو لو كان تاريخها المبكر أكثر عنفًا، لتبدد الغاز بعيدًا قبل أن ينشأ باطن كبير كبرًا كافيًا كى يقبض عليه. ومن ثم فلم يكن لتتكون سوى العمالقة الثلجية، قرائن أورانوس ونبتون. فلنفترض أن الباطن يتأخر فى التكون بما لا يسمح باقتناصه للغاز. فى هذه الحالة كنا سنجد كوكبًا شبيهًا بأورانوس أو نبتون محل المشترى. فلنفترض أن الخط الثلجى **Snow Line** لم يتكوّن. عندئذ كنا سنجد كوكبًا أصغر من المشترى بكثير فى مكانه، وكنا سنجد المريخ أكبر حجمًا (ربما فى نصف حجم الأرض)، ولن يكون هناك كواكب ذات شأن محلّ حزام الكويكبات.

ومن المرجح أن كل هذه العمليات قد وقعت – مثلها مثل الكثير من العمليات التى لم تخطر لنا على بال – حول نجوم أخر فى مواضع أخرى من المجرة. ويعزز وجهه النظر هذه ما نعثر عليه مؤخرًا من تنوع فى المنظومات الكوكبيـــة. فهذه المنظومـــات لا تتبع نمطًا بسيطًا. ومن بين الاحتمالات القائمة نشوء أكثر من عملاقين غازيين. ونماذج الحسابات لمثل هذا السيناريو تبدو متقلبة وكأنها نتائج مباراة "بيسبول" ذات نزوات، فمن شأن التأثير المدّى المتبادل أن يقذف بالعمالقة فيما حول المكان، وهو ما سنعود له بالتفصيل فيما بعد.

لقد فطن الرومان إلى أهميه "المشترى". ولهذا الحدس الموفق فى التسمية مثيل فى العصر الحديث. ويرجع هذا فى الأســاس إلى أن المشــترى قد (طهّر) المناطق المجاورة له، مطوّحا بالمادة التى لم يكن بحاجة إليها بعيدًا. وبعيدًا عن عملية "التنظيف" النافعة هذه يقوم المشترى بمهمة درع واق جذبوى، يلملم المذنبات التى تحيد عن الجادة، منحرفة داخل المنظومة الشمسية. ومن ثم، فلو لم يكن المشترى موجودًا أو كان أصغر حجمًا لأمطر الأرض وابل من المذنبات، ولربما زاد عدد ارتطاماتها بسطح

الأرض عن ألف ضعف عما هو الآن، وتعرضت مواضع بعينها - بعرض بضعة كيلو مترات للكوارث لمرات عديدة على مدار السنة الواحدة (بدلا من التعرض لها مرة واحدة كل ألف عام) . ربما كانت قد وقعت اصطدامات (من ذلك النوع الذى أباد الديناصورات) مرة كل مائة ألف سنة بدلاً من وقوعها مرة كل عدة مئات من ملايين السنين أو نحو ذلك. لقد كان من شأن هذا الوابل المنهمر أن يُحدث مالا نقوى على حسابه من الآثار على تطور الحياة، وربما أفضى إلى توقفها بالكلية. وحتى مع الدور الواقى للمشترى فلطالما قاربت الحياة فوق سطح هذا الكوكب المحفوف بالمخاطر حافة الانقراض.

ولا يبدو من المرجح أن سلالتنا البشرية، بل الحياة نفسها كانت ستقوى على البقاء والنجاة من تلك الكوارث لولا درع المشترى الواقى لنا. ولولاه لتعرض جنس البشر - خلال الحقبة الزمنية القصيرة نسبيًا التى تواجد فيها - إلى نحو ٢٠ إلى ١٠٠ من هذه الارتطامات. ربما كنا جميعًا قد توارينا بعيداً فى باطن الأرض، وحرمنا من متعة تأمل هذه السماء البديعة المرصعة بالنجوم.

٢-٢ العملاقان الثلجيان - الأخضر والأزرق

٢-٢-١ انتصار النظام النيوتونى

كان أورانوس أول كوكب يُكتشف منذ العصور القديمة، رغم أن اكتشافه عام ١٧٨١ على يد ويليام هيرشيل (١٧٣٨-١٨٢٢) تم بمحض الصدفة. ولقد أسماه "بنجم جورج" GeOrgium SIDUS تيمنا باسم الملك جورج الثالث (الذى أنعم على هيرشيل وقتها بمعاش دائم لمدى الحياة). على أن هذه الحمية الوطنية الجياشة - وإن أفادت هيرشل - لم تلق الصدى نفسه على النطاق العلمى، وانتهى الأمر بأن أُطلق على الكوكب الاسم الكلاسيكى الملائم "أورانوس". على أية حال، ما لبث العلماء أن اكتشفوا أن مدار أورانوس دائم التأثر بجرم كبير آخر على مسافة أبعد من الشمس. ولقد أدت هذه التغيرات فى مسار أورانوس فى خاتمه المطاف إلى التوصل إلى سببها عام ١٨٤٦، وهو وجود كوكب كبير آخر على مدى أبعد من الشمس.. هو نبتون. لم يخل اكتشاف نبتون من حكايات طريفة ونافعة. لقد حسب كل من ج. سى آدمز (١٨١٩-١٨٩٢) بإنجلترا، وأوربين لى فيريير (١٨١٧-١٨٧٧) فى فرنسا، كل على حدة أين عساه يكون ذلك الكوكب، تأسيسا على تأثيره على مسار "أورانوس". وفى سبتمبر ١٨٤٥، كان آدمز قد توصل إلى البقعة حيث ينبغى عليه أن يصوب بصره. بيد أن المعوقات البيروقراطية فى إنجلترا عطت العمل بتنبؤاته.

وفى ذات الوقت، جابه لى فيريير صعوبات مماثلة من قبل زملائه. ولكنه نجح فى النهاية فى حث الفلكيين بمرصد برلين على البحث. ولقد اكتشف جى. جى جال (١٨١٢-١٩١٠) الكوكب من أول محاوله بحث فى ٢٣سبتمبر١٨٤٦ ، واتضح أن

الراصدين فى إنجلترا كانوا قد شاهدوا الكوكب، غير أنهم لم يتعرفوا عليه -قبل ذلك بعدة أسابيع. ولعل جاليليو شاهد هو الآخر نبتون قبل ذلك بنحو مائتى عام، إذ يظهر الكوكب فى واحدة من خرائطه للنجوم، إلا إنه لم يتعرف عليه باعتباره كوكبًا.

لقد تركت هذه الاكتشافات أثرًا عميقًا فى الفكر الغربى، وكانت دليلاً دراميًا على أن لقوانين الطبيعة التى اكتشفها إسحق نيوتن القدرة على التنبؤ الدقيق. بحركات الكواكب. لقد بدا الكون حقًا منضبطًا كالساعة، التى يكمن وراءها ربما ذلك الصانع الماهر للساعات.

٢-٢-٢ الفروق بين الكواكب العملاقة

رغم أن المنظومة الشمسية غالبًا ما تقسم إلى كواكب داخلية صخرية وكواكب خارجية غازية، إلا أن أورانوس ونبتون مختلفان جد الاختلاف عن المشترى و زحل. فالعملاقان الثلجيان يُعدّان كالقزمين مقارنة بالمشترى الذى تقدر كتلته بقدر كتلة الأرض ٣١٨مرة، فى حين تصل كتلة أورانوس إلى ١٤ ضعفًا فقط.

ومما يثير حب الاستطلاع أن نبتون رغم أنه أبعد عن الشمس من أورانوس بمقدار الثلث فإنه يزيد بمقدار ٢٠٪ فى الكتلة عن ذلك الكوكب. وكلا هذين العملاقين الثلجيين مكون من خليط من الثلج والصخور، ولا يحوى إلا القليل من الغاز.

وهما فى هذه الناحية يشبهان الباطن الثلجى المغلف بالصخور الذى نما منه المشترى. والمشترى فى الأساس مماثل لأورانوس أو نبتون بعد إضافة غلاف سميك من الغاز. وعلى الرغم من أن المبادئ النظرية البسيطة تتنبأ بأن كثافة الكواكب تتناقص بازدياد بعدها عن الشمس، فإن نبتون - على النقيض - أعلى كثافة من أورانوس.

وتعود تلك الكثافة العالية إلى قلة الغاز وكثرة الثلج والصخور فيه عن باطن جاره، ومن ثم فإن الضغط (وبالتبعية الكثافة) أعلى فى باطنه. ولهذا السبب فإن نبتون أقل حجمًا وأكبر كتلة من أورانوس الذى انتفخ بما يحويه من غاز أكثر.

٢-٢-٣ أصل العملاقين الثلجيين

لماذا لا يوجد إلا النزر اليسير من الغاز فى كلا الكوكبين إذا ما قورن بوفرته فى العملاقين الغازيين المشترى وزحل؟ لقد تمكن كل من أورانوس ونبتون من تكوين باطن كثيف، بتكديس ما لا يُعدّ ولا يُحصىٰ من الأجرام الثلجية والصخرية، والتى يمثل بلوتو وتريتون وقنطاروس – الذى سأتناوله بالدراسة عما قريب – نماذج مما بقى منها على قيد الحياة.

عند ذلك البعد الشاسع عن الشمس، كان التكدس عند الحافة الخارجية للقرص الغبارى قليلاً، وربما استغرق الأمر عشرة ملايين سنة قبل أن يبلغ أورانوس ونبتون من الحجم ما يؤهلهما لاقتناص الغاز المنجرف بعيدًا عن الشمس ذات التفاعلات العنيفة آنذاك. ومع وصول باطنيهما إلى هذا القدر اللازم للاستحواذ على الغاز كان معظم الغاز قد تلاشى سلفًا وتبدد. ومن ثم فقد عانى أورانوس ونبتون من ذلك المصير المعتاد لكل من يأتى إلى المأدبة متأخرًا. ولهذا السبب كان هذان الكوكبان بمثابة عملاقين ثلجيين صغيرين قياسًا على العملاقين الهائلين المشترى وزحل. ولو كان قرص الغاز والغبار الأولى أكبر حجمًا، لكبرا فى الحجم – ربما – بما ينافسان به المشترى أو زحل. ولو أن القرص كان أصغر حجمًا فربما صارا الأكبر حجمًا بين الكواكب.

على أية حال، فنحن لا نملك إلا نماذج شديدة العمومية بشأن هذه الكواكب. نحن نفهم لماذا يهبط المحتوى الغازى باطراد، اعتبارا من المشترى وحتى نبتون...

ولكن..ماذا حفز باطن الكواكب على هذا التنامى الخارج عن السيطرة؟ قد نفهم هذا بالنسبة للمشترى نظراً لتراكم الثلج عند "الخط الجليدى". ولكن ربما تراكم المزيد من الصخور هناك، وتراكم المزيد من الثلوج عند موضع زحل، أو ربما تكوّن باطنان، ورحل أحدهما بعيداً. أو لعل تكاثفات مماثلة لثلوج من الأمونيا والميثان كانت هى المسئولة عن التنامى المتسارع للباطن إلى الخارج نحو المناطق الأكثر برودة من السديم. ومن الواضح أن التصادم البسيط بين الكويكبات متناهية الصغر بحيث يؤدى هذا إلى نشوء الكواكب يقتضى وقتًا بالغ الطول فى تلك التخوم القصية عند الحافة الخارجية من المنظومة الشمسية. والحقبة اللازمة تتجاوز عمر المنظومة نفسها. إننا نشاهد أورانوس ونبتون، إلا أن هذا النموذج لتكونهما لا يحقق أبسط الشروط المتواضعة اللازمة لذلك التكوُّن!

٢-٢-٤ الفروق الداخلية

تفترض النماذج الموضوعة عن التركيب الداخلى لأورانوس ونبتون أن باطن هذين الكوكبين مكون من الصخور والثلج، ومغطى بقشرة ثلجية تشبه المحيط فى اتساعها وتتركب من خليط من ثلج الماء والأمونيا والميثان، وبخارجها غلاف غازى محتو على بعض الثلوج. وعلى أية حال فإن الحدود بين هذه الطبقات ليست بالقاطعة وإنما هى متداخلة فيما بينها.

ومهما يكن، فليس هذا بنهاية القصة بالنسبة لهذين الكوكبين اللذين يبدوان كتوأمين. وإذ يتلقى نبتون -بحكم بعده عن الشمس- أقل من نصف ضوء الشمس الذى يصل لأورانوس، قد يتوقع المرء أن يكون نبتون أبرد من أورانوس.

على أية حال – وللغرابة – فإن درجة حرارة سطحيهما متماثلتان، وتصلان إلى ٥٩ درجة فوق الصفر المطلق. ويبدو أن نبتون قد عوض بعده الشاسع عن الشمس عن

طريق الاحتفاظ بمقدار محسوس من الحرارة الداخلية. ويحتمل أن هذه الحرارة هي ما تبقى من الطاقة التي صاحبت تكون الكوكب. وعلى النقيض من ذلك فلدى أورانوس القليل جدا من الحرارة التي تنساب خارجة من باطنه - ربما يصل إلى الصفر - فلعله فقد كل رصيده الأوّليّ من الحرارة. وما هو أكثر ترجيحًا أنها ما زالت محبوسة بداخله.

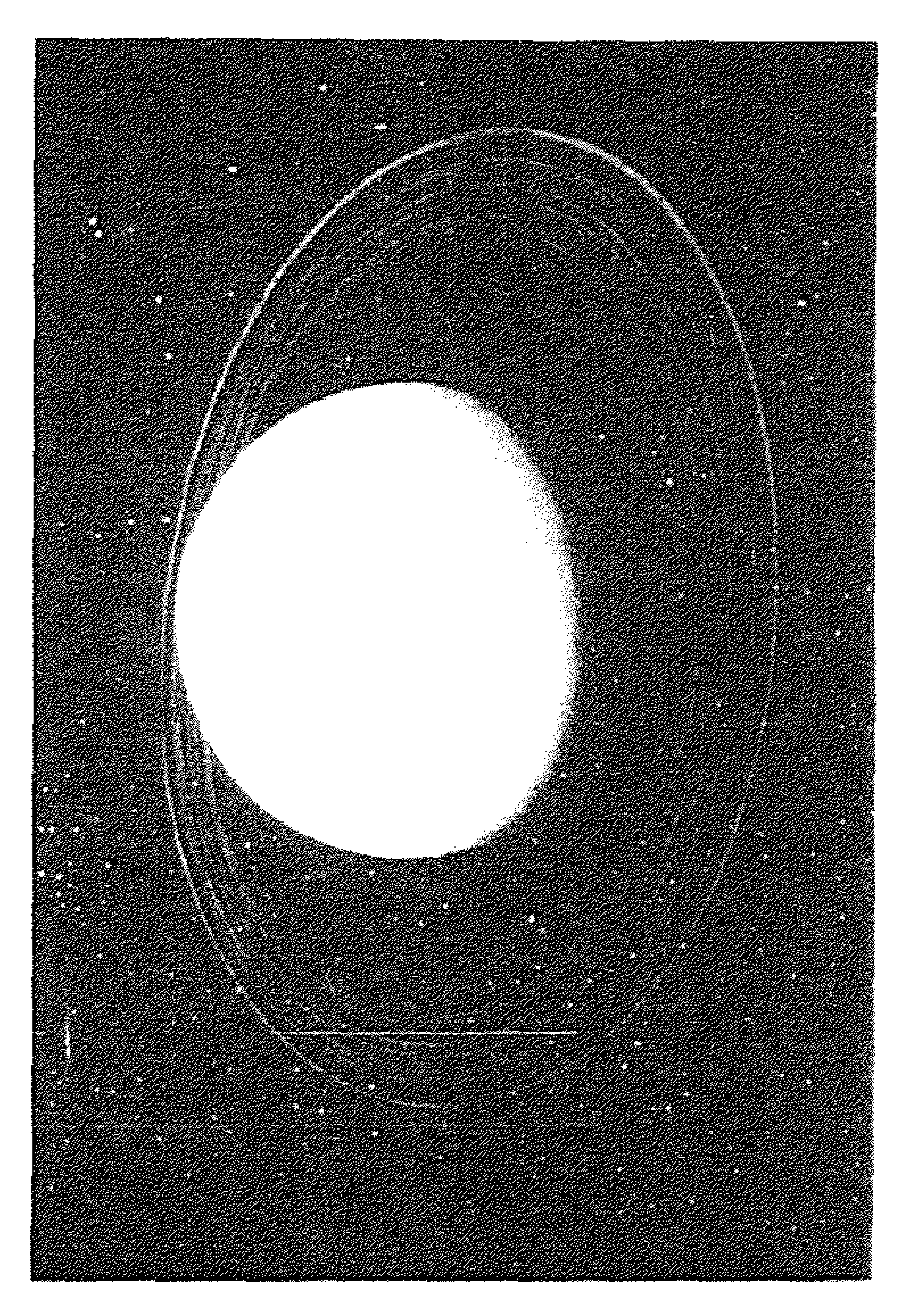
وهكذا فإن باطني هذين الكوكبين لابد وأن يكونا مختلفيْن لتفسير الفرق في درجات الحرارة داخلهما. وليس لهذا الاختلاف صلة بالبعد عن الشمس. ويمثل ذلك نموذجا طيبًا لنوع التفصيلات التي ينبغي مراعاتها عند بحث نظريات نشوء المنظومة الشمسية. وعلى عكس ما هو متوقع فإن الخصيصة المشتركة بين هذين العملاقين الثلجيين- وهي درجة حرارة السطح - تعود إلى أسباب مختلفة. وتكمن صعوبة البحث في هذه التفصيلات.

إن هذا الثنائي من العمالقة الثلجية يعرض الصعوبات التي تكتنف تفسير نشوء كواكب متشابهة، حتى في المناطق الخارجية الباردة من المنظومة الشمسية. ربما توقع المرء أن تكون الأمور أكثر تجانسًا بالاقتراب من الحافة الخارجية للمنظومة، إلا أن هذا التوقع لا يتحقق.

٢-٢-٥ ميول محاور الدوران والارتطامات العظمى

يدور أورانوس ونبتون بنفس السرعة تقريبًا مرة كل ١٧ يومًا و١٦ ساعة. على أن الاختلاف بين ميل محوري دورانهما دراماتيكي حقًا. فمحور دوران نبتون يميل على المستوى المشترك للمجموعة الشمسية - مثله مثل زحل - بحوالي ٣٠ درجة. أما أورانوس - فعلى النقيض من ذلك - يبدو كالراقد على جانبه (أنظر شكل ١٥) وتدور

أقماره وحلقاته التسع المعتمة حول خط استوائه (تلك المشكلة الشائقة التى سنناقشها فيما بعد). وما من سبيل لحدوث ذلك إلا إذا كان أورانوس قد تلقى لطمة من قبل جرم كبير. وكائنا ما كان الشيء الذى قام بذلك فلابد أن كتلته كانت مقاربة لكتلة الأرض.



شكل (١٥)

كوكب أورانوس: يبدو كالراقد على جانبه وحوله حلقاته التسع المعتمة التى تدور حول خط استوائه.

وتشير النماذج النظرية التى تفسر نشوء الكواكب لاصطدام مجموعة متنوعة من أجرام أصغر يبلغ حجم أكبرها حجم الأرض بالكوكب. وقد أرجعت بعض الاقتراحات

الاختلاف فى الحرارة الباطنية لأورانوس ونبتون إلى اختلاف التراكيب الداخلية الناجمة عن مثل هذه الارتطامات بأجرام كبيرة الكتلة (مثلها مثل ملاكم قد أعيد ترتيب أعضاء جسمه الداخلية نتيجة للكمة هائلة تلقاها فى حلبة ملاكمة المنظومة الشمسية).

٢-٢-٦ الحافة الخارجية لمجموعة الكواكب:

مثلما شرحت سابقا، يمثل نبتون الحد الخارجى الحقيقى لمنظومة الكواكب، والتى تنتهى - بصورة فجائية - عند ذلك الكوكب، فما من كواكب كبيرة أو حتى صغيرة فيما وراء نبتون، وبلوتو الضئيل ما هو إلا متطفل دخيل سأتحدث عنه فيما بعد.

ولقد اكتشف نبتون لأنه أحدث ترنحا لأورانوس فى مداره. ولزمن طويل كانت ثمة فكرة عن اضطرابات وتذبذبات فى مدار نبتون. ولقد شجعت هذه الانحرافات على التأميل فى أن هناك كوكبا رئيسيا آخر، رابضا هناك بعيدا عند هذه التخوم القصية للمنظومة. وكان بلوتو من الصغر بحيث لا يصلح لترشيحه لهذا الدور، ومن ثم فقد نبتت فكرة وجود نجم معتم مجهول رمز له بالرمز (س). حقا.. لكم يولع الخيال البشرى باختلاق الوحوش الخفية الوهمية!

وللأسف، فإن الاختلافات المحسوبة فى مدار نبتون تكشفت عن محض زيف وتلفيق، وعن أنها نجمت عن خطأ مقداره واحد إلى المائتين فى القيمة المحسوبة لكتلة الكوكب. وعندما تستعمل فى الحسابات الكتلة الصحيحة التى تم التوصل إليها عن طريق التأثير الجذبوى على مركبة فضاء مرت بالقرب من الكوكب، تختفى تلك الاضطرابات المزعومة فى مدار نبتون. وما هو خارج نبتون فمصدر للمذنبات التى يفد إلينا منه بين الفينة والفنية زوار عارضون.

٢-٣ أقمار الكواكب العملاقة

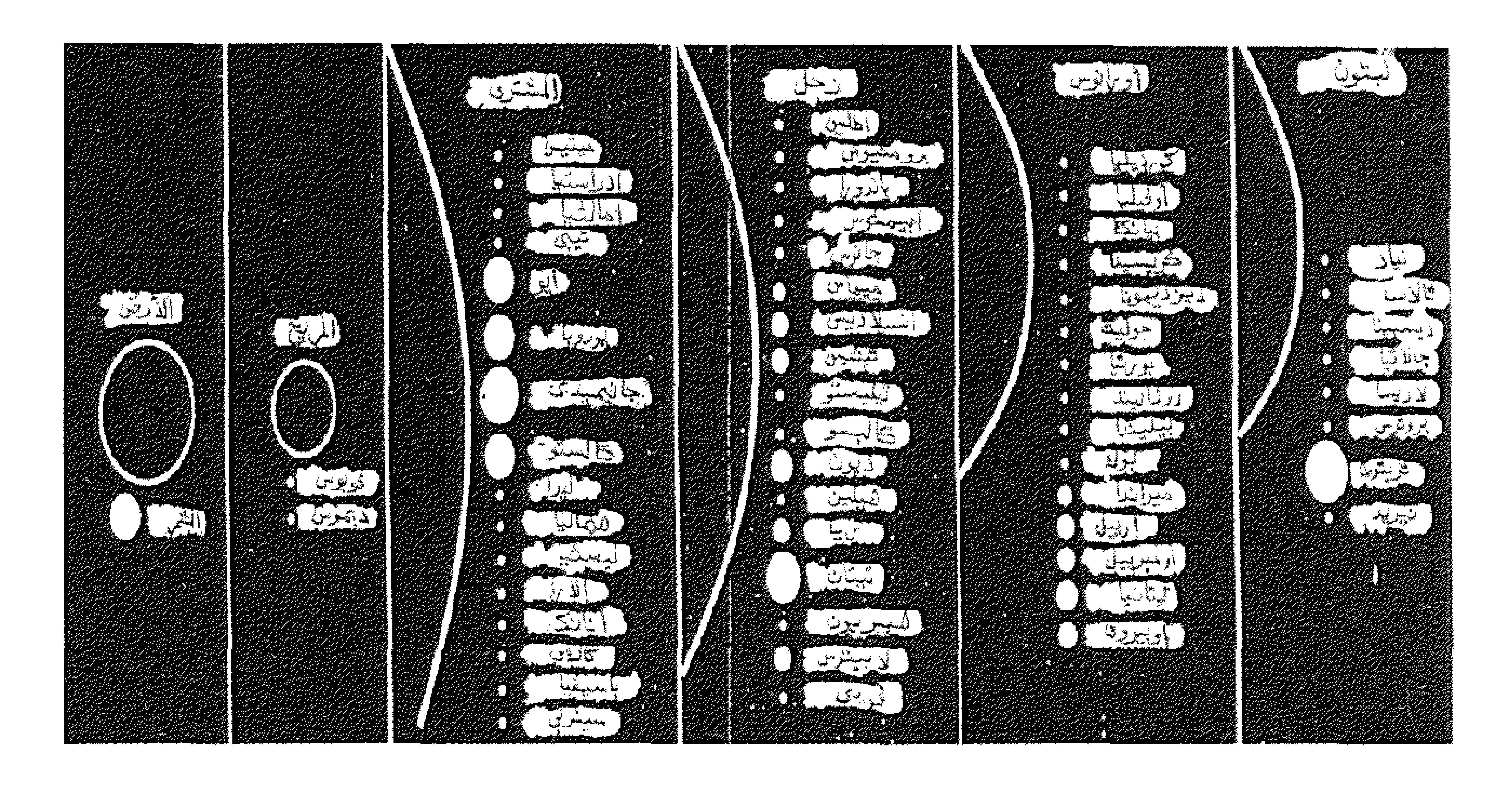
٢-٣-١ هل هى نماذج مصغرة من المنظومة الشمسية ؟

تدور حول المشترى أقمار (جاليليو) الشهيرة الأربعة: إيو IO، وأوروبا Europa، وجانيميدى Ganymede، وكاليستو Callisto. وعندما شاهد جاليليو عام ١٦١٠ هذه الأجرام فى دورانها حول المشترى، تحقق من أن ذلك يبرهن برهنة مباشرة على صحة النموذج الكوبرنيكى. وهى تشبه نموذجا مصغرا للمنظومة الشمسية، وتلك نقطة أثارت إكبار جاليليو هى الأخرى. ومداراتها حول المشترى تكاد تكون دائرية تماما. وهذه الأقمار "الطيعة" متجانسة حجما إلى حد بعيد، وتتبع تناقصا منتظما فى الكثافة باطراد بعدها عن الكوكب. ويعود هذا إلى نقصان مكوناتها من الصخور وازدياد الثلج فيها كلما بعدت عن المشترى. لقد شجعت كل هذه الملامح المنتظمة على الاعتقاد بأن أقمار جاليليو هذه ستقود إلى رؤية متعمقة عن نشوء المنظومة الشمسية، تماما مثلما يستطيع المرء أن يدرس أداء آلة ضخمة بفحص نموذج مصغر لها. ولعل هناك رؤى متعمقة أخرى نكتسبها من التمحيص فى هذه المنظومات من الأقمار التابعة. ليس لدينا سوى منظومة شمسية واحدة، وما من شبيه لها يتيسر لنا مقارنتها به ولا حتى فى المنظومات الكوكبية الأخرى التى تم اكتشافها حتى الآن. إن محاولاتنا لاستيعاب المنظومة الشمسية إحصائيا ترهقنا وتصيبنا بالإحباط. على أن هناك العديد من مجموعات التوابع أو الأقمار. فعسى أن تزودنا دراسة هذه المجموعات بقواعد عامة عن تكون المنظومات النجمية، مثلما تمكن المخططات الهندسية المخلّقة بالحاسب الآلى المرء من تشييد الآلات الضخمة. إن الكواكب العملاقة الأربعة تحتضن طائفة عظيمة

من الأقمار. وثلاثة من هذه العمالقة الأربعة لديها منظومات لأقمارها تحاكى -على مقياس صغير- المنظومة الشمسية. بل إن لدى نبتون منظومة على مستوى أصغر من التوابع، يهيمن عليها قمره تريتون الذى سأتحدث عنه فيما بعد. وتمدنا هذه النماذج المصغرة الأربعة ببعض المعلومات الإحصائية. ومن المؤكد أننا نأمل -بدراستها- فى معلومات عن نشأة الكواكب. ولكن هذا الأمل سرعان ما يتبدد، فمنظومات أقمار الكواكب الأربعة العملاقة متباينة بشكل يثير الدهشة. وهذه التوابع ينفرد كل منها بخصائص تميزه حتى لكأنها تتبع منظومات كوكبية مختلفة؟ ومما يزيد من هذه الحيرة أن أقمار الأرض والمريخ تعد حالات استثنائية، بما يجعلها ضئيلة القيمة فى هذا الشأن، حتى لو نظرنا لمعايير المنظومة الشمسية، من خلال منظور عريض.

٢-٣-٢ التباين المذهل

إن هناك نحو ٦٠ قمرا تابعا (شكل ١٦) ليس من بينها اثنان متشابهان حقا. وكم بذل من محاولات فى سبيل تصنيفها إلى فئات، إلا أنها - شأنها شأن ملامح عديدة فى المنظومة الشمسية - غالبا ما تتمرد على وضعنا لها فى "خانات" بعينها. وعلى أية حال فإن أسماءها الفاتنة لا تدع لى عذرا إن لم أتحدث عن الكثير منها.



شكل (١٦)

أقمار المنظومة الشمسية التابعة، مرتبة وفقا لبعدها عن كواكبها الأم وأحجامها النسبية بنفس مقياس الرسم تقريبا.

إن المحاولة الأولى للتصنيف هو تقسيمها إلى ثلاث فئات: الأقمار المنتظمة، والأقمار غير المنتظمة ثم فئة ثالثة تحتوى على شذرات وقطع ناجمة عن الاصطدامات. وتذعن الأقمار المنتظمة لمدارات محددة حول كوكبها الأم، أى أنها تدور حول (أمهاتها) فى ذات اتجاه دوران الكواكب حول الشمس. ويسود اعتقاد عام بأنها قد تكونت من أقراص كانت تحيط بالكواكب.

وهذه الفئة من التوابع تضم - بالتقريب - كل الأقمار الكبيرة، أى تشمل أقمار جاليليو الأربعة التابعة للمشترى (أيو وأوروبا وجانيميدى وكاليستو)، وتوابع زحل الثمانية التقليديين (ميماس، انسيلادوس، تيثيس، ديون، ريا، تيتان، هيبريون ويابيتوس)، وتوابع أورانوس الخمسة التقليديين (ميراندا، آرييل، أومبرييل، تيتانيا وأوبيرون).

أما الأقمار غير المنتظمة فغالبا ما تكون ذات مدارات مائلة وإهليلجية بعيدة عن الكوكب. وتضم هذه الفئة مجموعة من أربعة أفراد تدور حول المشترى فى نفس اتجاه دورانه، (ليدا، هيماليا، ليسثيا وإلارا). وهناك مجموعة أخرى على مسافة بعيدة عن المشترى (آناكى، كارمى، باسيفاى وسينوب) تدور كلها حوله فى عكس الاتجاه. والأقمار غير المنتظمة الأخرى تشمل فويبى (أبعد أقمار زحل عنه) ونيريد (أبعد أقمار نبتون عنه). ومعظم هذه التوابع النائية فى أغلب الظن إن هى إلا مذنبات أو كويكبات متناهية الصغر، شريدة ضالة تم اقتناصها من الخارج.

وأكثر ما يثير الاهتمام فى هذه الأجرام التى تم اقتناصها هى أنها على الأرجح بمثابة أحجار بناء تخلفت بعد انتهاء تكون الكواكب، وتمكنت من النجاة من الانجراف إلى داخل الكواكب. ومثلها مثل الجنود الفارين من ميدان معركة خسروها فقد تم جمع شتاتهم وأسرهم فى مرحلة متأخرة.

وطبقا لوصف أحد الراصدين، فإن التوابع المتبقية عبارة عن "كتل وعرة وضئيلة، أبلتها وبرتها طوفانات الجسيمات النيزكية المتتالية"(٣). ومن أمثلتها: ميتيس، أدراستيا، أمالثياوثيبى. وكلها تقبع داخل حلقة حول المشترى. أما حول زحل فهناك تابعه أطلس الذى يطوق الحافة الخارجية لحلقته الرئيسية(أ)، وبرومثيوس وباندورا (وهما بمثابة كلاب الرعى الحارسة فى الحلقة السادسة (و)، وجانوس وابمثيوس إلى جانب هيلين، وتيليستو وكاليبسو (التى تقتفى أثر مدارى تيثيس وديون).

وإلى جانب ذلك هناك عشرة توابع داخلية صغيرة لأورانوس اكتشفتها مركبة الفضاء فويدجر **Voyager** عامى ١٩٨٥، ١٩٨٦. وفى النهاية، بالنسبة لأى شخص لم يغرق بعد بالكامل فى طوفان المعلومات عن المنظومة الشمسية الخارجية فيما يخص هذه النقطة، فهناك توابع نبتون الداخلية، وهى بالترتيب من الداخل إلى خارج الكوكب: ناييد، ثالاسا، ديسبينا، جالاتيا، لاريسا وبروتوس، وهى عبارة عن كتل من كسارة أحجار هى على الأرجح البقايا من بعض توابع أكبر، تحطمت خلال عملية استحواذ

الكوكب على تريتون والذى سأتحدث عنه لاحقا. وهذه الشظايا يصلح إدراجها ضمن هذه الفئة، وبالمثل ضمن أية فئة أخرى.

وتشذ بعض الأجرام عن هذا التصنيف العريض إلى ثلاث فئات. وتشمل هذه الأجرام النابية المتمردة، تريتون، وشارون وقمر الكرة الأرضية وقمرى المريخ الضئيلين فوبوس وديموس. ويدور تريتون حول نبتون فى اتجاه معاكس، وهو يمت بصلة قربى لبلوتو.

أما شارون - قمر بلوتو، فقد تكون على الأرجح عندما ارتطم جرم ما بالكوكب الثلجى. ولكل من تريتون وشارون من الخصوصية ما يشفع لهما ليكونا موضع معالجة مستقلة. ومن دواعى العجب أن جارنا المقرب، القمر لا يمكن استيعابه ضمن أى تصنيف دقيق. ومن ثم فيلزم له بالمثل باب مستقل نشرح فيه كيف انتهى به الأمر للظهور فى سمائنا ليلا. ومما يزيد الموقف غموضا، توأم كوكبنا .. الزهرة، والذى لا يملك أية أقمار تابعة على الإطلاق.

وختاما، فإن قمرى المريخ فوبوس وديموس، غالبا ما يصنفان على أنهما جرمان لقيطان (تم اقتناصهما من الخارج) وذلك بالنظر إلى ضآلتهما واختلافهما فى التركيب عن المريخ. وبمجرد الاستحواذ عليهما، سرعان ما أُرغما على الدوران فى مسار دائرى حول المريخ. ويتحرك فوبوس، الذى يبلغ طول محوره الأكبر ستة وعشرين كيلومترا، حركة لولبية بطيئة صوب المريخ، مما سيؤدى إلى ارتطامه به فى بحر الأربعين مليون سنة القادمة، وعندها سيتشكل على سطح المريخ حوض أو حفرة كبيرة لها مساحة كمساحة بلجيكا، تحيط بها حلقات من الجبال ناجمة عن هذا الارتطام. ومن المحتمل أن يقذف هذا الارتطام إلى كوكب الأرض بالمزيد من النيازك. ومن دواعى الأسف أن هذا الحدث الجدير بالمشاهدة والذى سيحمل معلومات لها وزنها، سيقع فى مستقبل بالغ البعد بالنسبة لمقاييسنا البشرية للزمن.

لقد اقترح أحد زملائى، وهو خبير ضليع فى شئون الحفر التى تحدثها الاصطدامات، أنه يتعين علينا أن نعجل بهذا الارتطام بتحويل مسار فوبوس صوب المريخ، بما يتيح لنا -بهذه الوسيلة الدرامية وفى التوقيت الملائم - رصد تكون الحفرة الناجمة والتى سيصل حيزها إلى أكثر من ٢٠٠ كيلومترا.

ويبدو جليا لنا، أن البحث عن نوع من الانتظام والمنهجية فى منظومات التوابع قد أخفق، وما من تسلسل مبسط متعاقب للأحداث قد وقع فى المنظومة الشمسية بحيث نأمل فى إمكان تكراره.

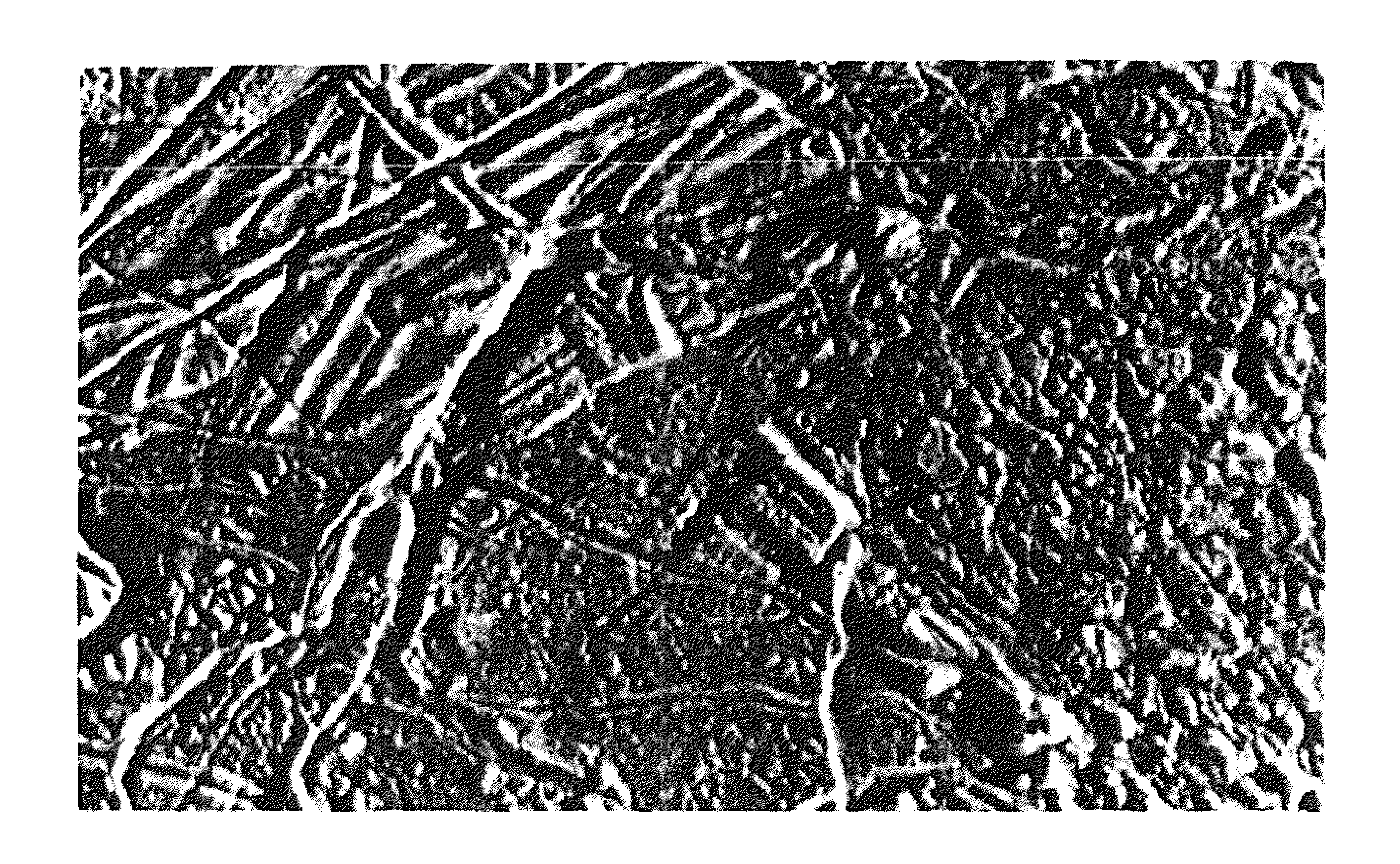
٢-٣-٣ أقمار جاليليو الأربعة، توابع المشترى

إن لهذه الأقمار الأربعة الشهيرة: ايو، وأوروبا وجانيميدى وكاليستو طبيعة سطح وتراكيب داخلية مختلفة عن بعضها تمام الاختلاف. وما من شك فى أن جاليليو كان سيسر أيما سرور، لو علم أن أقماره هذه ما زالت تواظب على تزويدنا بالمعلومات عبر أكثر من ٤٠٠ سنة منذ شاهدها للمرة الأولى.

وينتشر على سطح "أيو" النشاط البركانى نتيجة الحرارة الناجمة عن الإجهادات المدية التى تولدها جاذبية كوكب المشترى القريب. وبقمر ايو عدة مئات من البراكين، يصل قطر بعضها إلى ٢٠٠ كيلومتر. ورءوس البراكين المشهودة التى صورتها مركبات الفضاء يبلغ قطرها ما بين ١٥٠، ٥٥٠ كيلومتر وارتفاعها ٣٠٠ كيلومتر. وإزاء فوران هذه البراكين تبدو براكيننا أقزاما فى ثوراتها. ومن الجلى أن هذه الثورات البركانية قد تدوم لسنوات. وقد رصدت رحلتنا المركبة فويدجر (التى مرت بقمر "ايو" مرتين بينهما أربعة أشهر عام ١٩٧٩)، ثمانية من هذه الفورات. ويغلب على "أيو" اللون الأصفر مع لمسات من درجات الألوان البرتقالية والخضراء والرمادية، وهو ما يجعل

"أيو" أشبه ببرتقالة تجاوزت مرحلة النضج إلى العطب. وتعود هذه الألوان إلى صور متنوعة من عنصر الكبريت، مع لمسات من آثار صخور أخرى ومواد معدنية ضئيلة الكمية. وعلى الرغم من المعتقد الشائع أن أيو مغطى بنواتج الحمم البركانية المكونة من الكبريت، ففى واقع الأمر لا يشكل الكبريت إلا قشرة سطحية رقيقة. وسطح هذا القمر خشن مجعد ملىء بالنتوءات، به جبال تبلغ ١٠ كيلومترات ارتفاعا. ويبدو ذلك مذهلا بالنسبة لجرم له حجم قمرنا. ويصل عمق بعض الحفر البركانية إلى كيلومترين. ولا يصلح لهذا التركيب إلا التكوين الصخرى، أما الكبريت فهو أضعف بكثير من أن يتحمل ذلك. ولا تشاهد تقريبا بهذا القمر حفر متخلفة عن ارتطامات، إذ غطت الحمم البركانية معظمها. ومن الواضح أن "أيو" قد انصهر فى مرحلة مبكرة من تاريخه، لأن له باطنا حديديا ضخما يولد - فى وقتنا الراهن - مجالا مغناطيسيا.

وقمر "أوروبا" هو الثانى فى البعد عن المشترى، وله سطح مكون من الثلج المتجمد (انظر شكل ١٧). وتلوح على سطحه القليل من الحفر الناجمة عن رجوم وارتطامات. ورغم أن القمر "أوروبا" أبعد عن الكوكب العملاق من القمر "ايو" إلا أن المشترى يدفئه قليلا من خلال إجهادات مدية يسيرة، بحيث أن الحفر الناشئة عن الارتطامات على سطحه الثلجى ما تلبث أن تكشط. وهناك الكثير من التشققات، تماما كتلك التى تسببها قطع الجليد المتزاحمة على سطح الماء فى كوكبنا. ويشبه السطح كثيرا شكل بحارنا القطبية، مع نثرات من قطع الثلج وجبال الثلج وهناك قطع من هذه القشرة الثلجية الخارجية فى وضع مقلوب أو حدث لها دوران.



(شكل ١٧)

سطح القمر أوروبا الثلجى، وبه تشققات عديدة تمتد عبر السطح وتمثل الصورة مساحة قدرها ١٠×١٦ كيلومترا فقط، والتقطتها مركبة الفضاء (جاليليو) عندما مرت على بعد ٣٣٤٠ كيلو مترا من القمر فى يناير ١٩٩٧ . وتمثل هذه الصورة نموذجا ممتازا لحجم التفصيلات التى تتاح لدارسى هذه المناطق الموغلة البعد. (وكالة ناسا - صورة رقم ٤٨٢٢٧).

والتشابه الذى نشاهده ما بين هذه التكوينات وتراكمات الثلوج على كوكبنا يخبرنا أن هذه القشرة الخارجية قد يصل سمكها إلى بضعة كيلومترات فقط وأنها تطفو على سطح محيط. ويشابه هذا المشهد منظر المحيط القطبى على سطح الأرض فيما عدا أن المحيط فى قمر أوروبا يصل إلى ٢٠٠ كيلومتر عمقا. وأسفل هذا العمق هناك غطاء صخرى لقلب صغير من معدن الحديد. وفى هذا يماثل قمر أوروبا نسخة أصغر قليلا من قمر أرضنا، ولكن مع إضافة محيط مائى عمقه مائتا كيلومتر.

ووجود هذا المحيط يطرح التساؤل عن وجود حياة. فى حقبة ما من الماضى كان حدوث فورانات من الحمم البركانية أسفل هذه المياه محتملا جدا. وقد يولد هذا ينابيع حارة كتلك الموجودة فى القيعان الضيقة المرتفعة بأواسط محيطاتنا. وحيث أن هذه مواضع محتملة لبحث ما يشابه أصل الحياة على الأرض، فإن هذا يطرح سؤالا: هل هناك شيء ما يربض تحت ثلج قمر أوروبا (ربما ظهر فعلا فى وسائل الإعلام الأوروبية تصورات لوحش ذى قرابة بوحش لوخ نيس Loch ness(*).

أما جيناميدى فهو أكبر قمر تابع فى المنظومة الشمسية. ورغم أنه أصغر من المريخ إلا أنه أكبر من عطارد، (إلا أن موضعه ذاك بين الكواكب الداخلية لا يبدو غريبا) ولقمر جانيميدى. لب مكون إما من مواد معدنية أو من كبريتيد الحديد يحيط به غلاف من الصخور. وفوق ذلك هناك غلاف سمكه ٨٠٠ كيلومتر من الثلج . فإذا أضاف المرء مثل هذه الطبقة الثلجية إلى قمر "أيو" فإنه يتشابه كثيرا مع قمر جانيميدى. وتماما مثل كوكب الأرض فقد انصهرت الأقمار، وتكونت لها بواطن تغطيها أغلفة صخرية. ولا يوجد غموض فيما يخص كيف اكتسب قمر أيو الطاقة اللازمة، فمصدرها التأثير المدى المتبادل مع المشترى.

وجانيميدى أبعد من أيو، فأحد الاحتمالات هو أن جانيميدى قد تعرض للاحتباس داخل نطاق مدى فارتفعت درجة حرارته – ربما بعد مليون سنة من تكونه. وقد تفسر عملية التسخين هذه المشاهد الفريدة التى نرصدها عليها.

(*) لوخ نيس Loch Ness هى ثانى بحيرات اسكتلندا مساحة، ويُكثر البعض الحديث عن وحش أسطورى من سلالة الديناصورات (لم يتأكد وجوده) يربض فى أعماقها. (المترجم)

وأهم ملمح يميز جانيميدى هو وجود نوعين من القشور، يغطى كل نوع منهما نحو نصف مساحة سطح ذلك القمر. والقشرة الأكثر قتامة (والأكبر سنا) بها حفر عميقة، ويلوح أنها تعرضت كثيرا للتشقق. والقشرة الأحدث تكونت فيما بين الفوالق.

والتفسير المنطقى الوحيد لذلك هو أن هذا القمر قد تمدد بمقدار كيلومتر أو كيلومترين. ويبدو أن ذلك نتيجة لانصهار كمية الثلج الكثيفة وتوغل الماء الناجم عميقا بداخله. وعندما فاض الماء تجمد بنفس الصورة التى نألفها لتجمد الثلج الأقل كثافة من الماء. ويثير جانيميدى -أكبر أقمار منظومتنا الشمسية - بنا شغفا فوق المعتاد. فهو يقدم دليلا على ما نفهمه من الخواص الفيزيائية للثلج الذى تقل كثافته بتمدده الطفيف.

وأبعد أقمار جاليليو عن المشترى "كاليستو" يجبهنا بتناقض صارخ مع جانيميدى. فلكاليستو قشرة ثلجية تغطيها الحفر، ولم يتبدل كثيرا منذ انتهاء انهمار الرجوم الكثيف الذى تعرضت له المجموعة الشمسية. ومن هنا فقد سجل -على قشرته الثلجية المتجمدة أبدا -ارتطامات على مدى أربعة مليارات ونصف المليار من الأعوام. وهو جرم غير قابل للتفكيك، مكون من ٤٠٪ ثلجا و٦٠٪ صخورا.

لماذا كان كاليستو جرما أوليا لم يعتوره التبدل عبر الآماد، فى حين كان لجانيميدى هذا التاريخ المعقد؟ الواضح أن جانيميدى كان واقعا على جانب من حافة نطاق حرج فى حين كان كاليستو على الجانب الآخر. والاحتمال الذى نرجحه هو أن بعد كاليستو الشاسع عن المشترى قد كفل له أن يفلت من أية عمليات تسخين مدية. وهناك احتمال أقل رجحانا، وهو أن جانيميدى أكبر وأكثف قليلا من كاليستو، ومن هنا فربما يكون قد ولد مقدارا أكبر من الحرارة الداخلية، مما أفضى إلى انصهارات تغلغلت فى أعماق ذلك القمر. أما كاليستو ذو الحجم الأصغر قليلا فقد بقى بأكمله فى صورة متجمدة. وهذا التناقض الهائل بين القمرين يستحضر للذهن الفرق بين الزهرة والأرض كجرمين ذوى حجمين متقاربين مع اختلاف عظيم فى تفاصيل تركيبهما.

وهكذا فحتى فى هذا المثال لمنظومة توابع طيعة وسهلة القياد يختلف كل فرد من أفرادها الأربعة عن الآخرين. وكحال أغلب الأجرام فى المنظومة الشمسية، تتميز أقمار جاليليو بملامح فريدة. وبذلك تتيح هذه المنظومة نموذجا آخر لمبلغ التعقد حتى فى مجموعات الأقمار التى تلوح - فى ظاهرها - بسيطة.

٢-٣-٤ الأقمار التابعة لزحل

كان لابلاس يعتقد أن لزحل سبعة أقمار. أما الآن فقد عثرنا على تسعة إضافيين، ولا بد وأن هناك أقمارا أصغر متواجدة فيما بين الحلقات. وعلى النقيض من التناسق النسبى فى مجموعة أقمار "جاليليو" لا يوجد بين توابع زحل إلا القليل من التناسق.

وربما وجد هؤلاء الباحثون عن هذا الاتساق ارتياحا فى أن هذه التوابع تدور حول زحل فى نفس نسق دوران أقمار جاليليو حول المشترى. على أية حال، فعلى النقيض من "الطواعية" النسبية وانصياع أقمار المشترى الأربعة فى دورانها حوله مثلما شاهد جاليليو، لا تبدى أقمار زحل أى نسق مطرد فى الكثافة مع البعد عن الكوكب، كما أنها أقل كثافة. ولا يوجد بينها تابع كبير سوى "تيتان". ويبعد هذا القمر كثيرا عن الكوكب، بينما يقع العديد من التوابع الصغيرة على أبعاد أقل. وبذلك لا تحمل توابع زحل إلا النزر اليسير من ملامح التشابه مع أقمار المشترى. ومن شأن هذا أن يثبط همم هؤلاء الطامحين إلى تخطيط منظومات كوكبية عن طريق برامج الحاسب الآلى للمحاكاة.

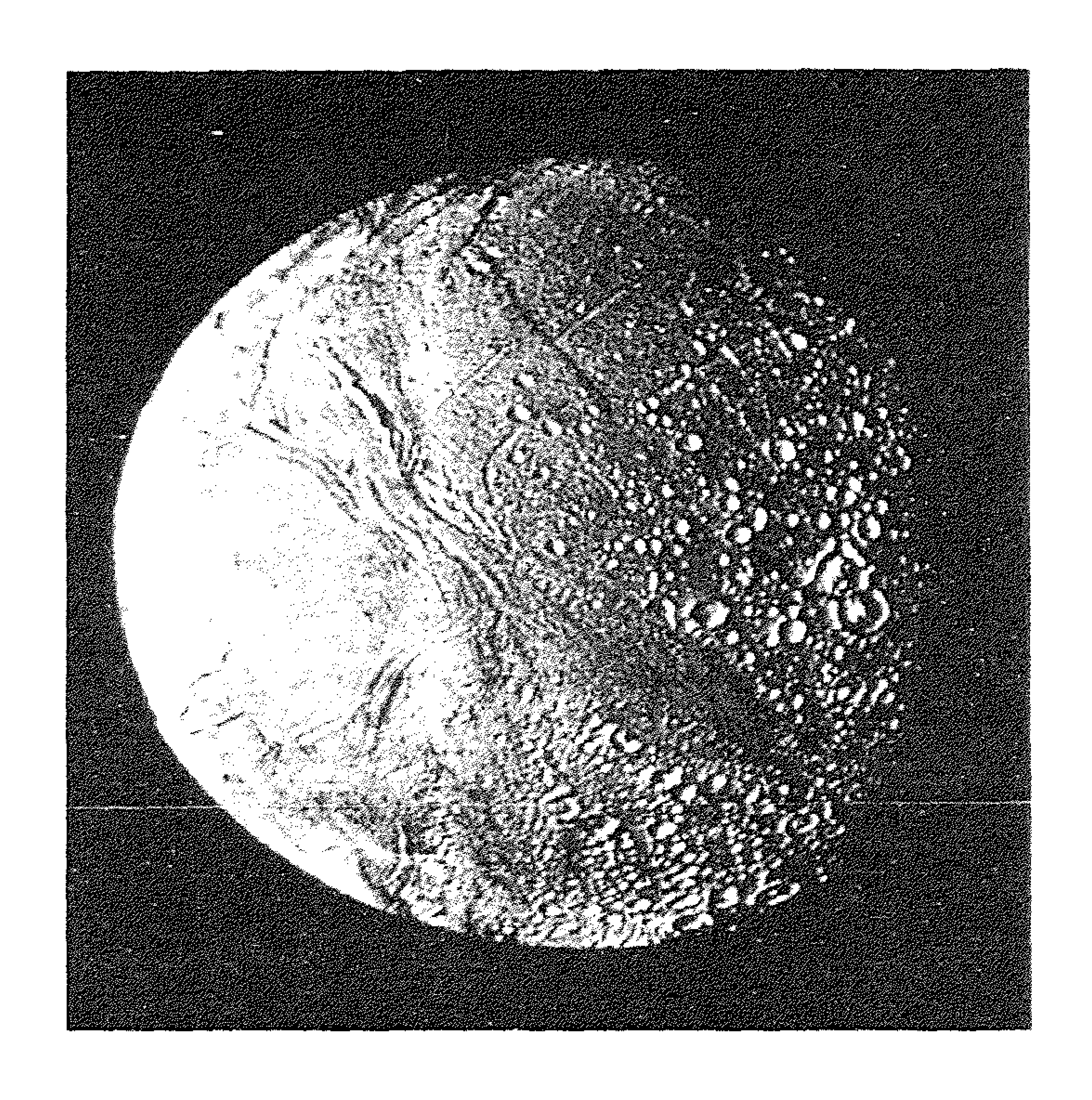
وكثير من هذه التوابع يستحق تعليقا خاصا، يومىء فى المقام الأول إلى قدرة المنظومة الشمسية على تخليق صور غير متوقعة. فقد كان لأنسيلادوس تاريخ معقد، وأجزاء من سطحه مغطاة بالحفر، وفى مناطق أخرى (أحدث عمرا) حفر قليلة. وقد غمر الثلج المائى هذه المناطق فيما بعد كنتيجة احتمال ارتفاع درجة حرارتها بسبب

الإجهادات المدية. وتغطى الحفر الناجمة عن الارتطامات أسطح توابع زحل الأخرى، التى لم تتغير إلا قليلا عبر آخر أربعة بلايين سنة (شكل ١٨).

ويحمل التابع "هايبريون" الواقع بين "تيتان" "ويابيتوس" رقم ١٥ فى ترتيب أقمار زحل وفقا لبعدها عنه. وهو فى مساره يتعثر فى أسلوب أقرب إلى الفوضى، ومداره لا مركزى بدرجة كبيرة (أى يبعد عن الشكل الدائرى)، ويبدو أن هايبريون من بقايا قمر تحطم من جراء اصطدام هائل، وتظهر الحسابات أنه سيستمر فى مسيرته المتعثرة هذه حتى "نهاية العالم" بعد خمسة بلايين سنة من الآن، فى ذلك الوقت الذى ستغلب فيه الكواكب وتوابعها على أمرها، وتنتفخ الشمس، وهى ماضية فى مرحلة تطورها إلى عملاق أحمر.

ويضيف التابع يابيتوس المزيد من المخلوقات العجيبة إلى "حديقة الحيوان" هذه. فشأنه شأن مهرجى السيرك نجد له طوراً أسود، وآخر أبيض، يتضاعف خلاله لمعانه حتى عشرة أضعاف. فى حين أن ذلك التابع غير مرئى تقريبا بواسطة التلسكوبات الأرضية عندما يجابه الأرض بوجهه القاتم. ويرجع مظهره الغريب إلى مخلفات تركها الاصطدام مع جاره القمر "فويبى". وقد تغطى وجه يابيتوس المواجه تبعا لذاك بالندوب، وكأنه لوحة التصويب المستهدفة خلال مسابقة رمى تجرى فى السماوات.

وتيتان هو الآخر حالة فريدة فى النظام الشمسى، طالما استفزت الاهتمام وحب الاستطلاع، سواء بسبب حجمه أو بسبب وجود جو كثيف له. وهو لا يقل عن جانيميدى إلا يسيرا، ومثله مثل ذلك التابع، يفوق فى حجمه كوكب عطارد. ويتكون غلافه الجوى فى معظمه من النيتروجين، مع بعض الميثان. ويبلغ الضغط فوق سطحه مرة ونصفًا قدر الضغط الجوى المعتاد بأرضنا، إلا أن درجة حرارة هذا السطح لا تتخطى ٩٥ درجة فوق الصفر المطلق. فجوه البارد يتيح للميثان أن يتواجد فى حالة سائلة. وهكذا، لعل هناك أنهارا وبحيرات أو حتى محيطات من الميثان تتماوج تحت سمائه البرتقالية.



شكل (١٨)

إينسيلادوس، قمر زحل الثلجى. يبلغ قطره ٥٠٠ كيلومتر، ويحمل تاريخا جيولوجيا مركبا (صورة رقم ٢٤٣٠٨ من رحلة المركبة فويدجر التابعة لوكالة ناسا).

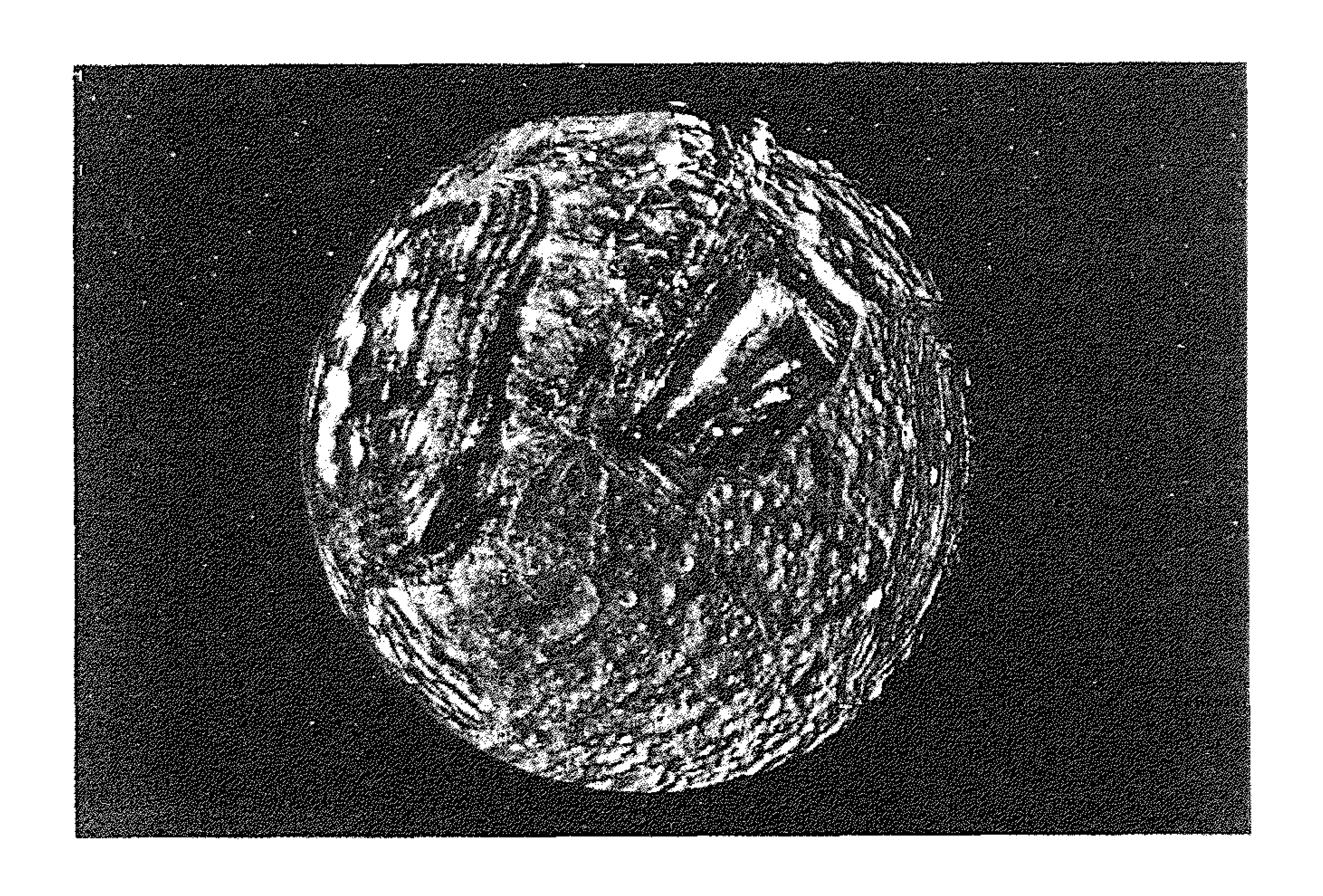
وهذا الجو ذو الطبيعة البشعة ملبد بالدخان والضباب وملىء بالمركبات الكيميائية العضوية المعقدة. ومن هنا كان تيتان هدفا مفضلا للبحوث عن الكيماويات التى تؤذن بظهور الحياة أو بصور الحياة الممكنة. فهل يسهل علينا تصور تلك المخلوقات التى بمقدورها أن تحيا فى بحيرات من الميثان.

٢-٣-٥ أقمار أورانوس ونبتون

فى عام ١٧٦٧، وباستعمال مرقاب كبير، اكتشف هيرشيل قمرى تيتانيا وأوبيرون فى دورانهما حول أورانوس فى مستوى متعامد مع مستوى المنظومة الشمسية. ومنذ ذلك الحين اكتشفنا ثلاثة عشر تابعا آخر تدور كلها حول خط استواء الكوكب العملاق. ولتوابع أورانوس كثافة تزيد – على وجه العموم – عن توابع زحل، على العكس مما قد يتوقعه المرء لأجرام تقع من الشمس على مسافات أبعد.

وقد يعتقد أن هذه الأجرام الثلجية الصغيرة نسخة مصغرة من التابع كاليستو، أى كتل ثلجية متجمدة تغطيها الحفر. وبدلا من ذلك يرينا "أرييل" وميراندا سطحين أصغر عمرا، فليس بهما –للعجب– إلا القليل من الحفر. وما يبدو أنه حدث فى هذه العوالم المتجمدة هو أن درجة معتدلة من التدفئة تسببت فى جريان وحل جليدى (أى ثلج نصف ذائب) من خلائط من الأمونيا (غاز النوشادر) والثلج المائى على السطح. ويبدو سريان هذه الخلائط فى الصور أشبه بتدفق الحمم البركانية. وقد غطيت الحفر الأكبر عمرا والناجمة عن الارتطامات. ويبدو المنظر شبيها بتيارات الحمم البركانية على سطح أرضنا. ولم يكن ذلك متوقعا، ككثير من الأمور التى فوجئنا بها فى الجزء الخارجى من المنظومة الشمسية.

والقمر "ميراندا" الذى اكتشفه جيرارد كويبر (١٩٠٥-١٩٧٣) فى سنة ١٩٤٨، يمثل استثناء حتى مع تطبيق المعايير المرنة على المنظومة الشمسية. فمداره مائل ميلا هائلا، ويعيد عن الشكل الدائرى وسطحه ذو طبيعة غير مألوفة بدرجة أكثر من "ايو" وجانيميدى" (انظر شكل ١٩) وتشاهد عليه مناظر طبيعية مختلفة تمام الاختلاف جنبا إلى جنب. فبعض المناطق تحوى جبالا تصل إلى العشرين كيلومترا ارتفاعا.



شكل (١٩)

هذا التابع لكوكب أورانوس.. هل سبق أن تحطم ثم عادت أجزاؤه للتجمع مرة أخرى كما يبدو من شكل السطح غير المألوف لهذا القمر المسمى ميراندا (٤٨٠ كيلومتر قطرا)! (رحلة فويدجر التابعة لناسا- صورة رقم ٣٠٢٣٠)

وتلوح بجوارها أخاديد هائلة. ويبدو كما لو أن القمر قد تحطم بفعل اصطدام ما، ثم أعيد - بكيفية ما - تجميع الشظايا والقطع المتناثرة مرة أخرى معا. لم يتوقع كائن من كان أن يبدو شيء مثلما يبدو ميراندا، الذى يظل مشهدا نتأمله ونستوحيه ونتعجب من تلك التباينات الضخمة فى المنظومة الشمسية. إن لدى الطبيعة مقدرة مذهلة على إفراز النتائج الشاذة، وإن كانت داخل إطار قوانين الفيزياء المعهودة.

ولكوكب نبتون ثمانية توابع، ستة منها عبارة عن كتل ثلجية ضئيلة تقبع على مقربة من الكوكب. أما بعيدا عنه فهناك تريتون، الأكبر حجما من بلوتو، والذى يدور حول نبتون فى اتجاه معاكس فى مدار شديد الميل. وهو بمثابة (ابن عم) وقريب مقرب لبلوتو، ويرجح أنه جرم ثلجى دخيل جرى اقتناصه. وهناك ما يكفى من الأهمية حتى نفرد له تحليلا مستقلا فيما سيلى من الكتاب.

وختاما، هناك وعلى بعد يقرب من ١٥ ضعفا عن نبتون التابع "نيريد" ذو المدار الشديد الميل والشديد البعد عن الشكل الدائرى.

وتبدو مجموعة الأقمار التى تدور حول نبتون وكأنها بقايا حطام، ناجم عن معركة استحواذه على تريتون. لقد كان اقتحام هذا الدخيل الضخم للمشهد مشابها لاقتحام ثور لمحل للمنتجات الزجاجية. وكل منظومة أقمار أصلية، دمرتها ارتطامات على مقياس زمنى وجيز للغاية. وقد تكون تلك التوابع الداخلية الدقيقة التى نراها الآن هى من نجت من بين الأنقاض المتبقية. وتقع خمسة منها على مقربة من الحلقات التى تحف بالكوكب، ولعلها حتى شظايا محطمة خلفتها أحداث تكون تلك الحلقات. أما "نيريد" الموغل فى البعد فلعله مذنب لقيط وفد من الخارج.

تحمل لنا أقمار نبتون رسالة خاصة. فهى تنبئنا بما عساه يحدث لمجموعة متسقة من التوابع، إذا ما اقتُنص جرم ضخم وضُمّ إليها. لقد اضطربت حركة مجموعة واحدة من الأربع مجموعات من التوابع فى منظومتنا الشمسية. ورغم أن الاستحواذ على تريتون كان حدثا عشوائيا استثنائيا، فإنه يرينا كيف يحتمل أن تتكرر مثل هذه الكوارث.

٢-٣-٦ ساحة النفايات .. الكونية

يندر العثور على الملامح المشتركة بين المجموعات القمرية التابعة للمشترى وزحل وأورانوس، بحيث بمقدورنا اعتبارها تنتمى إلى منظومات قمرية مستقلة عن بعضها،

فهذه المنظومات كلها متفردة ومتميزة عن بعضها البعض تميزا خاصا بالكوكب الذى تدور حوله، وليست وليدة برنامج شامل "لتصنعيها" عبر خطوط إنتاج كونية مخططة. ولا تبدو المنظومة الشمسية كسلعة أنتجها مصنع جيد التنظيم يقوم بتصنيع الكواكب وأقمارها، بل بدلا من ذلك تبدو كأنها قد جمعت من النفايات والأنقاض المتراكمة فى ساحة مخلفات كونية.

ولا يبعث ذلك على التفاؤل بفكرة وجود أقرباء حميمين لنظامنا الشمسى. فطالما أن كواكبنا العملاقة الأربعة تفرز مثل هذه الأطقم المتباينة من الأقمار، فيتعين ألا تصيبنا الدهشة للاختلافات بين النظم الكوكبية الأخرى التى نرصدها فى وقتنا الراهن.

ورغم احتمال شيوع منظومات كوكبية أخرى، واحتمال أن الحياة قد دبت فى مكان آخر، فالرسالة لنا واضحة: ما من احتمال لوجود مشابه للأرض أو للبشر العقلاء فى موضع آخر من الكون، وهى قضية سأسترسل فى بسطها فى الفصول القادمة.

٢-٣-٧ كيف تنشأ الأقمار التابعة:

يسهل علينا التعامل مع التوابع غير النمطية، فهى فى الأغلب أجرام تم اقتناصها من الخارج، وإنما نهتم بدراستها باعتبارها بقايا لشظايا لم تتح لها الفرص لتتجمع معا بسبب تأثير الكواكب الآخذة فى التنامى.

وعلى النقيض يفترض أن التوابع المنتظمة قد تكونت كصورة مصغرة للنظام الشمسى من الأقراص المحيطة بالكواكب. ويطرح ذلك بعض الأسئلة المثيرة للاهتمام: كيف تنشأ مثل هذه الأقراص؟ قد تتكون الأقراص بصورة طبيعية حول الكواكب الآخذة فى النمو، أو قد تدور حول نفسها مع تقلص الكوكب. على أية حال فكوكبا المشترى وزحل هما فقط من شكلا التوابع على هذا النحو، إذ إنهما تكونا فى أثناء

وجود السديم الغازى وقبل تبدده. ومن الجائز كذلك أن تتكون الأقراص من مادة دفعت إلى الدوران حول نفسها، أو نبذها كوكبها كنتيجة لاصطدامات عنيفة. ويحتمل أن توابع أورانوس ونبتون قد نشأت من أقراص كهذه، حين كان أغلب الغاز السديمى قد تبدد وقتها.

وفى هذا الشأن قد يفيدنا التأمل فى توابع أورانوس. فجميعها تدور فى مستوى خط استوائه، ولا بد أنها قد تكونت بعد ذلك الارتطام الذى أصاب جانب الكوكب. ولعل الغاز الذى انطلق من جراء ذلك الاصطدام قد انعقد فى صورة القرص الذى تكثفت منه الأقمار التابعة المنتظمة. فلو أن الأقمار كانت متواجدة قبل الارتطام، فمن المستبعد للغاية أنها أعادت لم شتاتها فى مستوى جديد يبلغ ميله ٩٠ درجة، بعد هذا الاصطدام الهائل. وحينما وقع ذلك الحدث لابد وأن أورانوس كان قريبا من حجمه الراهن. وطبقا لهذا السيناريو، فإن الأقمار التابعة تتكون فى مرحلة تالية لنشوء الكواكب.

وسيتضح من هذه المناقشة والتى تعج بالتخمينات، أن مفهومنا عن تكون الأقمار التابعة، أقل وضوحا حتى من معرفتنا بأصل الكواكب العملاقة. وحتى إذا كان تكون الأقمار التابعة من الأمور الشائعة فى الكون، فلا يلوح أنها تفضى إلى نتائج متشابهة أو متجانسة، حتى على نطاق ما حول الكواكب كالمشترى وزحل.

ولا يمكن لنموذج مفرد أن يستوعب كل التراكيبات والتعقيدات التى نرصدها. وبالتبعية فإنما نجابه ذات المعضلة التى اعترضتنا لدى دراسة الكواكب، وما من نظرية كبرى موحدة تضم كل هذه الأرصاد المتباينة. وبعيد هو كل البعد عن الوضوح ذلك المعتقد بوجود عملية عامة يتم بموجبها نشوء المنظومات الكوكبية. ويؤكد هذه الفكرة تلك المنظومات الكوكبية غريبة الأطوار التى بدأنا فى استكشافها.

وختاما، يجدر بالملاحظة أن التوزيع المنتظم للمسافات بين الأقمار التابعة للكواكب العملاقة، هو من قبيل الأمور الثانوية. فهذه التوابع الصغيرة، قريبة نسبيا من

كواكبها الأم، بأكثر من قرب الكواكب نفسها من الشمس، ويسهل تغيير مداراتها بفعل القوى المدية. ومن ثم فإن انتظام توزيعها هو ملمح ثانوى وليس أساسيا على الإطلاق. قد تحاول بعض النماذج الموضوعة أن تنسب هذا الانتظام إلى ظروف التكثف الأولى من السديم، غير أن المسافات بين التوابع ليست بالأصلية، بل إنها تطورت بمرور الزمن. وهى - من ثم - لا تنبئنا بشىء عن أصل المنظومة الشمسية.

هامش الباب الثانى

(١) هنرى س.ف.كوبر (١٩٩٠) - نيويوركر - ١٨ يونيو، ص٧٣ .

(٢) ج.و. ويذيريل (١٩٨٩): نشوء المنظومات الكوكبية وتطورها (بقلم هـ .أ.ويفر، ل. دانلى) - مطبوعات جامعة كمبريدج - ص٢٧ .

(٣) ج.أ. بيرنز (١٩٨٦): الأقمار التابعة (بقلم ج.أ. بيرنز، م. س. ماثيوز- مطبوعات جامعة أريزونا - ص١٧ .

الباب الثالث: الهاربون والباقون على قيد الحياة.

(١) وليام شيكسبير (١٥٩٩): يوليوس قيصر - الفصل الثانى، المشهد الثانى.

(٢) ب.س. لابلاس (١٨٠٩): منظومة العالم - المجلد الأول، الكتاب الأول (ترجمه للإنجليزية ج. بوند فى ١٨٠٩- دار ر.فيلبس - لندن)ص٩٧ .

(٣) الكتاب المقدس -طبعة الملك جيمس- مطبوعات جامعة أكسفورد - الإصحاح ٩٠ .

(٤) ورد اقتباس إدموند هالى فى كتاب ج.د فيرنى (١٩٨٥): "العالم الأمريكى"، مجلد ٧٣ - ص٤٧١ .

(٥) هنرى س.ف.كوبر (١٩٩٠): النيو يوركر - ١٨ يونيو - ص٨٤ .

(٦) ب.س. لابلاس (١٨٠٩): منظومة العالم - المجلد الأول - الكتاب الأول (ترجمه إلى الإنجليزية -ج. بوندفى ١٨٠٩ - دار ر. فيلبس - لندن) ص٨٨ ، ٨٩ .

(٧) أو. ميتشل (١٨٦٩)، اقتبسه س.ج.بروش (١٩٩٦) فى مؤلفه تاريخ فيزيائيات الكواكب الحديثة - المجلد الأول - مطبوعات جامعة كامبريدج - ص٩٣ .

(٨) ر. جرينبرج، أ. براهيك (١٩٨٤): عن "الحلقات"- مطبوعات جامعة أريزونا - ص٤ .

الباب الثالث

الهاربون والناجون من مصيرهم

لقد أثر نشوء الكواكب العملاقة على كل ما عداه بالمنظومة الشمسية: من المذنبات والكويكبات إلى الكواكب الداخلية - بدرجة أو بأخرى. لقد تشتتت بعض الشظايا والكتل، أو أفلتت من قبضة العمالقة، وتيسر لبعض الأجرام الأخرى البقاء على قيد الحياة، فجمعت شتاتها مما خلفته الكواكب العملاقة.

وتضم هذه الطائفة تعيسة الحظ المذنبات والكويكبات، بل وحتى كوكب المريخ. ورغم أننا قد نضم عطارد إلى هذه القائمة إلا أن تاريخه الحافل (بالإصابات) يجعله يحتاج منا -مثله مثل مريض تحت رعاية الأطباء - معالجة مستقلة.

٣-١ المذنبات

٣-١-١ (الأطياف الشبحية)

كان ظهور المذنبات فى السماء ليلا باعثا على الانزعاج والقلق لدى المجتمعات البدائية. فقد كان المعتقد السائد هو أن السماوات ذات النجوم ثابتة ودائمة. وغالبا ما عدت المذنبات نوعا من الاضطرابات فى غلاف الأرض الجوى. بل إن ظهور مذنب ما يسمى- حتى الآن - بالطيف، وهى كلمة يرتبط معناها الدارج بالكائنات الشبحية أو المشاهد المفزعة المفاجئة مما لا عهد لنا به.

ويتلاءم هذا التعريف مع ظهور شبح والد "هملت" فى مسرحية شيكسبير، وحتى لو لم تفزع المذنبات الناس، فيظل اعتقادهم فى أنها تنذر بتبديلات مستطيرة. ويخبرنا شيكسبير فى مسرحية "يوليوس قيصر" بأنه: "عندما يموت المتسولون، فما من مذنبات تشاهد، لكن نفس السماوات تتوهج وتتقد لدى موت الأمراء".(١)

لقد نيطت بالمذنبات المسئولية عن ظواهر مختلفة فى حياتنا، مثل البارانويا التى كان يعاينها الإمبراطور نيرون، وانهيار إمبراطورية "الأزتيك"، وإعادة البعث الدينى وحالات الانتحار الجماعي. لقد شوهد مذنب "هالى" فى الفترة ما بين أبريل ويونيو من عام ١٠٦٦ بعد الميلاد قبل غزو النورمان لإنجلترا مباشرة (والمشهد مدون فى نسيج Bayeux Tapestry)(*).

وقد اعتبر المذنب – على نطاق واسع – نذيرا بالشر، وإن لم يعرف على وجه التحديد أى كارثة يؤذن بها حتى هزم هارولد فى موقعة هاستينجز فى أكتوبر من نفس العام. عندئذ تأكد أن مطالبة وليام الفاتح بعرش إنجلترا تحظى بتأييد السماء. لقد علق لابلاس، الدارس الفرنسى الأعظم للمنظومة الشمسية، والذى يكثر التقاؤنا به على هذه الصفحات، عام ١٧٩٦ قائلا:

"ظهور المذنبات وما يليه من أذناب ضوء طويلة، أرعبت –ولأمد طويل– البشرية التى تستثيرها دوما الأحداث غير المألوفة والتى لا تعرف لها علة. غير أن ضوء العلم قد بدد المخاوف العبثية التى بثتها المذنبات والخسوف والكسوف وسواها من الظواهر، تلك المخاوف .. التى تفشت خلال عصور الجهل"(٢).

ويجرى كل سنة رصد الكثير من المذنبات من على الأرض، وبمجرد أن ينجذب المذنب إلى مسافة قريبة من الشمس، تتسبب الحرارة فى تلاشى الماء والغازات الأخرى

(*) Bayeux Tapestry: قطعة من القماش أبعادها ٧٠×٥٠ سنتيمترا مرسوم عليها أحداث غزو النورمان لإنجلترا ومدون عليها كتابة باللاتينية وهى محفوظة حاليا بنورماندى – فرنسا. (المترجم)

والغبار، وتتكون له تلك الذيول المرئية. ويقدر عمر المذنبات فى الكون بفترة وجيزة لا تتجاوز عشرات أو مئات الآلاف من السنين. ويشبه ذلك مقارنة "هزيع من الليل"(٢) بعمر المنظومة الشمسية الذى يفوق ذلك العمر بمليون مرة. ومن هنا، كان لا بد من وجود امداد مستديم من هذه الأشياء قصيرة الأجل من (مستودع) ناء حافل بها. وتذكرنا المذنبات بأسطورة (إيكاروس) الذى طار حتى دنا من الشمس، وحان مصيره المحزن عندما انصهر الشمع الذى كان يلصق به جناحيه. إلا أن الأجل يمتد نوعا ما بالمذنبات بأطول مما امتد بهذا المحلق المبكر بائس الحظ، بيد أنها فى خاتمة المطاف تموت لنفس السبب، الدنو من الشمس بأكثر مما ينبغى.

والمذنبات هشة بما فيه الكفاية، ولقد نعتها فريد هويبل فى عام ١٩٥٠ (وهو فلكى أمريكى ولد عام ١٩٠٦ وكان أول من تحقق من طبيعتها الحقة) بأنها "كرات قذرة من الجليد". وشأنها شأن كرات الجليد فإنها تتفتت بسهولة، وخصوصا إذا ما ضلت طريقها ووقعت فى قبضة كوكب عملاق.

ويعطينا مذنب "شوميكر -ليفى" نموذجا جيدا على ذلك. فقد تم اقتناصه إلى مدار حول المشترى عام ,١٩٢٩ وعلى مدى الخمسة وستين عاما التالية اتخذ مسارا لولبيا وئيدا فى اتجاه الكوكب حتى يوليو من عام ١٩٩٤، عندما تبعثر المذنب إلى نحو ٢٥ قطعة من جراء شد المشترى الجذبوى له. وكمثال آخر، اقترب مذنب بروك "Brooke" جدا من المشترى فى سنة ١٨٨٩ وتناثر إلى تسع قطع على الأقل.

٣-١-٢ قرص من المذنبات:

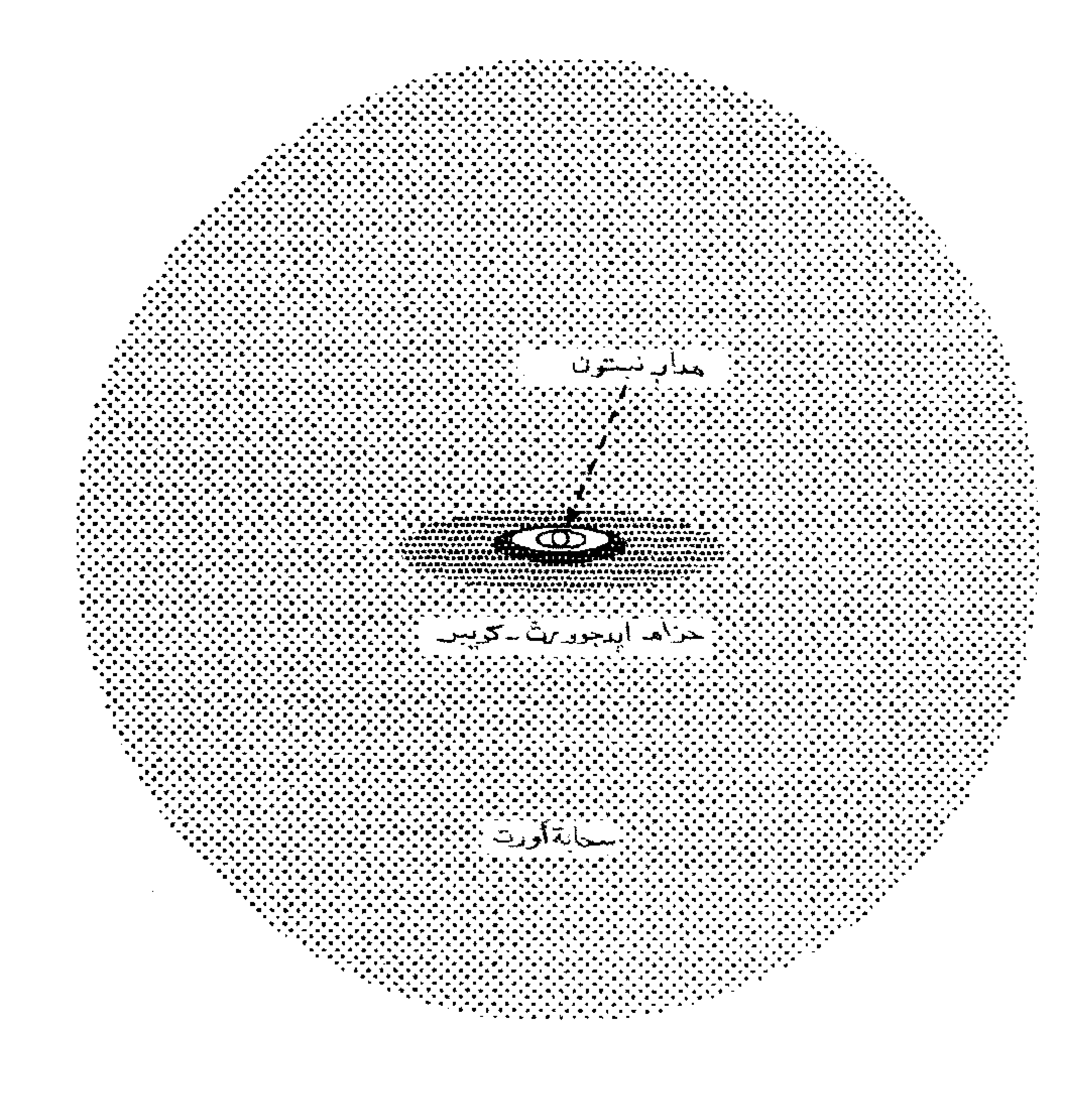
يتكرر ظهور طائفة من المذنبات فى سمائنا، بصفة دورية تصل مدتها ما بين ٥ سنوات، ٢٠ سنة. وتفد إلينا هذه المذنبات – والتى يطلق عليها مذنبات الدورة القصيرة – من قرص من المادة يقع خارج مدار نبتون مباشرة، وقد تشوش مسار هذه المذنبات

من جراء قوى جذب الكواكب العملاقة بحيث تداخلت مع مساراتها، وتم تسجيل نحو المائتين منها، تقع مداراتها قريبا من مستوى المنظومة الشمسية. ويطلق على مصدرها "حزام إيدجوورث - كويبر Edgeworth-Kuiper Belt" على اسم كي. إي ايدجوورث (١٨٨٠-١٩٧٢)، وجيرارد كويبر (١٩٠٥-١٩٧٣)، وهما أول من فطن إلى هذا الاكتشاف. ويقع هذا الحزام خارج مدار نبتون، ويمتد ما بين ٣٠ وحدة فلكية إلى أبعد من ١٠٠٠ وحدة فلكية (انظر شكل ٢٠).

وتدور جميع المذنبات قصيرة الدورة تقريبا حول الشمس في نفس اتجاه دوران الكواكب. وربما يضم الحزام زهاء ٧٠٠٠٠ مذنب يزيد قطر الواحد منها عن ١٠٠ كيلو متر، وربما مع عدة ملايين من الأجرام الصغيرة ذات أقطار في حدود ١٠ كيلومترات (أي في حجم جبل إيفرست) وإن كانت كثافتها تقل كثيراً عن القمة المكونة من الحجر الجيري العائدة للعصر البريامي.

على أية حال فمادة المذنبات لا تزن كثيرا، ولا تضيف من الكتلة أكثر من ربع كتلة الأرض على أقصى تقدير. ولم تستشعر سفن الفضاء التي اخترقت الفضاء إلى هذه الآفاق النائية أية قوى جاذبية تدل على وجود مادة كثيفة، كما لم تستشعر وجود أي كوكب كبير ذي مادة ملموسة في المدى خارج مدار نبتون.

في القرن التاسع عشر، اكتُشف عدد غزير من الكويكبات ما بين المريخ والمشترى. ونحن في الوقت الراهن، ومع التقدم التكنولوجي، نعثر على أعداد متزايدة من الأجرام الثلجية لدى الحافة الداخلية لحزام "إيدجوورث- كويبر" بعد مدار نبتون مباشرة. وأكبر هذه الأجرام المرقم (TL66١٩٦٦) هو بمثابة "ابن عم" حديث السن لبلوتو، ويصل قطره إلى حوالي ٥٠٠ كيلومتر، ومداره بعيد للغاية عن الشكل الدائري، ويمتد من خارج مدار نبتون مباشرة وحتى مسافة ١٣٠ و.ف (وحدة فلكية) أي أبعد من مدار بلوتو.



شكل (٢٠)

حزام "إيدجوورث-كويبر" وسحابات "أورت" من المذنبات التى تحف بالمنظومة الشمسية. وبرغم الحيز الهائل الذى تحتله سحابة "أورت" والذى يمتد حتى منتصف المسافة إلى أقرب نجم لنا، فإن إجمالى كتلة البلايين من المذنبات لا تتجاوز على الأرجح بضعة أضعاف كتلة كرتنا الأرضية.

٣-١-٣ سحابة المذنبات ذات الشكل الكروى:

بالإضافة إلى المذنبات قصيرة الدورة، التى تعاود الظهور كل سنوات معدودة، هناك طائفة رئيسية أخرى من المذنبات، ذات دورات زمنية طويلة، غالبا ما تتخطى المائتى عام، تعود بعدها للظهور فى سماواتنا. وكثير منها لا يظهر إلا مرة واحدة،

بمقاييسنا الزمنية التاريخية، إذ إن ظهورها التالى متوقع فى مستقبل موغل فى البعد، بعد أن تكون قد أتمت دورة قد يبلغ طول مدارها حوالى ألف و.ف.

وبخلاف المذنبات ذات الدورة القصيرة تأتى مذنبات هذه الفئة من مناطق أكثر بعدا، وكثيرا ما يميل مستوى مداراتها بزوايا كبيرة. ويقع مصدرها فى نطاق سحابة كروية الشكل من المذنبات، وتسمى "سحابة أورت **Oort Cloud** المسماة باسم جان أورت (١٩٠٠-١٩٩٢) الذى تكهن بوجودها فى عقد الخمسينيات من القرن العشرين.

وتحيط هذه السحابة من المذنبات بالمنظومة الشمسية كالهالة، ويمتد مداها إلى ربع المسافة بيننا وبين أقرب نجم. ولا يعرف على وجه اليقين العدد الإجمالى للمذنبات التى تضمها سحابة أورت، غير أنه يقدر بزهاء التريليون مذنب. وبالرغم من هذا العدد الهائل، فالمادة التى تحتويها لا تزيد على الأرجح عن عدة أضعاف كتلة الكرة الأرضية.

٣-١-٤ مذنب هالى:

نعرف كلنا مذنب "هالى"، وهو نموذج للمذنبات ذات الدورة الطويلة، إذ يظهر كل ٧٦ سنة، بصورة أكثر تكرارًا من أغلب المذنبات. وهذه الدورة تقارب مدة عمر الإنسان، وبعض الناس قد شاهدوه مرتين وقد شاهد إدموند هالى **Edmond Halley** (1656-1742) ذلك المذنب عام ١٦٨٢، وتحقق لديه أنه ذات المذنب الذى سبق أن شوهد فى أعوام ١٤٥٦، ١٥٣١، ١٦٠٧ فى زياراته السابقة، فتنبأ بعودة ظهوره سنة ,١٧٥٨ غير أن الأجل لم يمتد به ليحضر التحقق من صدق نبوءته. على أية حال، فإنه قال: "إذا عاد المذنب للظهور عام ١٧٥٨، فلن تضن الأجيال المستقبلية المنصفة بالإقرار بأن مكتشفه لأول مرة هو رجل إنجليزى". ولقد تحققت أمنيته بكل تأكيد.

لقد أُزعج مذنب هالى ولُفظ من موضعه فى سحابة أورت إلى مدار يتقاطع مع مدار الأرض، وفى اتجاه معاكس لحركة الكواكب. وكتل الثلج والغبار التى نطلق عليها

"النواة" قد رصدتها مركبات الفضاء في ملاقاتها له في عامي ١٩٨٦، ١٩٨٧ (انظر شكل ٢١). واتضح أنها جرم له شكل حبة البطاطس، أو حبة الفول السوداني (طبقا للطعم الذي يفضله الشخص) ويصل طوله إلى ١٥ كيلومترا وعرضه إلى سبعة كيلومترات. ولقد تطابقت هذه الرؤية مع وصف فريد هويبل له "بكرة جليد قذرة". وباعتباره مذنبا "محنكا" ذا خبرة كان هالي يدور ببطء حول نفسه، بمعدل مرة كل أسبوع. وأغلب سطحه مغطى بمادة قاتمة أشبه بالقطران، هي بقايا من مركبات عضوية. وقد رصدت مركبة الفضاء غازا ينبثق من عدة مواضع بالنواة، بحيث يفقد المذنب كل ثانية نحو ٢٠ طنا من الغاز (أغلبه بخار ماء)، وعدة أطنان من الغبار.

وتتباين هذه المعدلات تباينا عريضا. فقد كان مذنب "هيل بوب Hale Bopp" يفقد من الغبار ما يساوي مائتي ضعف هذا المعدل وينفث الماء بمعدل يساوي عشرين ضعفا من معدل هالي، لدى اقترابه من الشمس في عام ١٩٧٧. ويفقد مذنب هالي نحوا من واحد من الألف من كتلته مع كل دنو له من الشمس. وتقول الحسابات إنه قد أنفق حوالي ٢٣٠٠٠ سنة من عمره في داخل المنظومة الشمسية. وربما يكون خلال هذه الفترة قد دار حول الشمس ٣٠٠ مرة. ولعله قد تبقى له عدة مئات من الدورات مستقبلا. وبهذا سيكون عمر مذنب هالي الإجمالي مائة ألف سنة منذ انتزع من مثواه في سحابة "أورت" وحتى فنائه، وهو عمر قصير بالمقاييس الكونية، وإن كان طويلا بمقياس أعمار البشر.

ومتى وافاه الأجل فإن المذنب إما أن يكون قد تبخر بالكامل، أو حال إلى جرم صغير معتم قد فقد معظم ما كان به من ثلج. ونحن نشك في وجود عدد من مثل هذه المذنبات البائدة بين الكويكبات، والتي تقترب منا، وقد تصطدم بكوكب الأرض.



شكل (٢١)

نواة المذنب هالى (كرة الثلج القذرة) تبلغ أبعادها ١٥×٧×٧ كيلومترات وتنفث الغاز والغبار عند سخونتها لدى اقترابها من الشمس (عام ١٩٨٦).

٣-١-٥ أمذنبات من خارج المنظومة الشمسية ؟

لقد طُرح فى زمن سابق الاقتراح بأن المذنبات إنما تأتينا من خارج المنظومة الشمسية. فمثلما ينتهى الأمر بالكثير من المذنبات بلفظها إلى خارج نظامنا الكوكبى تماما، وفى حالة وجود منظومات كوكبية مماثلة لمنظومتنا، قد يُقذف بالمذنبات منها فى اتجاهنا متى بدأت كواكبها العملاقة فى طرد كويكباتها متناهية الصغر. ومن ثم فربما كان الفضاء فيما بين النجوم غاصا بالمذنبات.

ويمكن التعرف على مثل هذه المذنبات الوافدة من الفضاءات ما بين النجوم من مداراتها التى تتخذ شكل القطع الزائد Hyperbola، ولم يتم حتى الآن التعرف على أى منها على وجه قاطع، إلا أن التساؤل يبقى مطروحا. فهل يعنى غيابها الظاهرى فى الحاضر، ندرة وجود المذنبات فى الفضاء ما بين النجوم؟ أم أن ذلك راجع إلى خلل فى الرصد؟ إن منظومة كوكبية أخرى، ذات كواكب أضأل حجما، ربما هى فحسب التى تعوزها القدرة على نبذ المذنبات خارجها.

ورغم عدم تيقننا -حتى الآن- من وفود المذنبات علينا من خارج منظومتنا، فثمة حبيبات من الغبار تفد علينا من تلك الأصقاع السحيقة من الفضاء. ورغم أن ٩٩٪ من حبيبات الغبار التى نرصد احتراقها فى غلافنا الجوى -ونعدها نجوما متهاوية- تأتى من داخل المنظومة الشمسية، إلا أن أقل من ١٪ منها ذات سرعات فائقة تتجاوز المائة كيلومتر فى الثانية، بما يقطع بقدومها من خارج المنظومة. ويبلغ قطر حبيبات الغبار هذه زهاء ٢٠ميكرونا. ويلوح أنها تأتى من نجم (حديث السن) بالقرب منا.

٣-١-٦ هل المذنبات عينات أولية من السديم الشمسى ؟

لقد ساد التوقع - وعلى نطاق عريض - بأن المذنبات هى عينات لم يعتورها التغيير، من قرص الغبار والغاز الأولى الذى نشأت منه المنظومة الشمسية. ولقد تأسس هذا على رغبتنا فى تطابق أمنياتنا - وكما نتخيلها - مع الحقيقة الواقعة والتى قادتنا إلى اعتبار المناطق المجهولة بالنسبة لنا متجانسة وبسيطة التركيب.

لقد اعتنق قدامى الإغريق أفكارا مشابهة. وفى العصور الوسطى ازدحمت الأراضى المجهولة والمناطق التى لم تكن قد اكتشفت بعد (Terra incognita) بالوحوش الخرافية. لقد نبذت وجهة النظر العلمية الحديثة هذه الشطحات الخيالية، وتحولت إلى

المنهج المعاكس تماما، إذ إنها تعتبر تلك الأجواز التى ليس بمقدورنا رصدها بسهولة - مثل أعماق باطن الأرض أو السديم الشمسى الأولى منتظمة.

لقد ساد شعور عام بأن المذنبات ربما تمدنا بأفضل العينات شبها بالسديم الأولى. فمن البديهى ألا يكون قد انتابها، وهى الآتية من تخوم السديم النائية، الكثير من التبدل فى تلك الأصقاع الموحشة المتجمدة قارسة البرودة، وهى بالتالى تمثل عينات لم تتغير من شظايا السحابة الجزيئية التى كانت المصدر الأصلى لقرص الغاز والغبار. فعينة من داخل نواة مذنب، قد تكون هى العينة الأولية التى طال البحث عنها.

توقعنا أن يجيبنا مذنب هالى على هذه الأسئلة. على كل حال يبدو من غير المحتمل أن تكون هذه هى العينة البكر التى لم تمس من السديم الأولى. فالعناصر الصامدة للحرارة فى الغبار تظهر فروقا ضخمة عما نرصده من حيث وفرة العناصر الكيميائية فى الشمس. فنسب الحديد والماغنسيوم فى مذنب هالى هى أقل نسب لهذين العنصرين فى أى جرم من أجرام المنظومة الشمسية. وتشى هذه البيانات عن مذنب هالى بأن التركيب الكيميائى مختلف كثيرا سواء عن النيازك الأولية أو عن الشمس. ونواة المذنب ذاتها - وعلى المقياس المحلى - غير متجانسة. فبدلا من تزويدنا بعينة من السديم الأولى، تلك التى طال البحث عنها، شأنها شأن كأس السيد المسيح المقدسة خلال عشائه الأخير، يمدنا مذنب هالى برؤية جديدة لتعقيدات كيميائيات السديم.

إن اكتشافاتنا الجديدة للعديد من الأجرام فى حزام "إيدجوورث-كويبر "للمذنبات قد ألقت ببعض الضوء على هذه المشكلة، إذ تكثر - على الأرجح - الاصطدامات داخل نطاق ذلك الحزام، مما يؤدى إلى لفظ شظايا بعض من الحطام الناجم صوب الأرض.

لذا، فإن أغلب المذنبات التى نشاهدها والتى يصل عرضها -كنمط سائد- إلى بضعة كيلومترات يرجح أنها أجزاء من حطام أجرام أكبر. وربما ينتج عن الحرارة المتولدة إبان هذه الاصطدامات تغيرات فى التركيب الكيميائى. وختاما، فإن المذنب فى

أثناء مروره قرب الشمس، يتعرض لحرارة إضافية، مما قد يبدل من كيميائه. ومن هنا فلعل الاختلافات بين المذنبات كثيرة كثرة الاختلافات بين أغلب الظواهر الطبيعية الأخرى.

إن البحث عن تلك العينة البكر التى لم تمس، مثله مثل البحث عن مدن الذهب الأسطورية El Dorados يبدو أنه قد تأسس على افتراضات زائفة. على أية حال، فإن مثل هذه البحوث، رغم أنها عادة ما تجرى لأسباب خاطئة، غالبا ما أفضت إلى منافع غير متوقعة واكتشافات مثمرة.

إن البحث يشير إلى أن دوافعنا السابقة عن طبيعة المذنبات الأولية، قد أسىء الحكم عليها. وهذا هو شأن البشرية المعتاد. فمن المحتمل أن نحصل على منافع لم نكن نتوقعها من بعثات في المستقبل إلى المذنبات، وهو ما يحمسنا إلى أخذ عينات من هذه الأجرام. ومثلنا مثل الساعين وراء مدن الذهب الأسطورية، تعثرنا فى شيء آخر.

٣-١-٧ كيف تتكون المذنبات:

إذن. ما أصل هذه السحب العظمى من المذنبات؟ من الجلى أنها -باعتبارها (كرات جليد قذرة) - خليط من الثلج والغبار اللذين لابد وأنهما تكونا بعيدا عن الشمس حيث كان الثلج المائى مستقرا.

على أية حال فلم يكن هناك أبدا من المادة فى القرص الأصلى ما يكفى من الغبار والغاز كى يمتد بعيدا حتى يصل إلى الموضع الحالى لسحابة "أورت". وخارج نطاق نبتون بقليل، أصبح القرص رقيقا للغاية، بحيث نفدت منه - عمليا - المادة. ولقد بدأ نبتون وأورانوس اللذان كانا قد تضخما وأصبحا عملاقين ثلجيين، يسلكان سلوك العمالقة حقا، مقصيين عن طريقهما كل أجرام ثلجية لم يكن بمقدروهما الاستحواذ

عليها. ولقد ساعد العملاقان الغازيان زحل والمشترى فى مباراة الكرة هذه بين العملاقين، فتصرفا كماردين صاخبين، أطاحا بالعديد من الأجرام الثلجية خارج المنظومة الشمسية. ومن هنا فقد اكتظت الأصقاع خارج المنظومة الشمسية بسحابة هائلة من المذنبات.

وليس من الضرورى أن تكون هذه السحب من المذنبات ملمحا ثابتا أو حتميا فى المنظومات الكوكبية، فهى تعتمد على نشوء كواكب عملاقة. والمذنبات - وكما نرصدها - هى مما يميز المنظومات الكوكبية التى وصلت لمرحلة النضج - تماما مثل منظومتنا نحن - وليس محتملا أن تظهر فى منظومة كوكبية ما زالت فى طور النماء، إذ يتعين أن تتسلسل الخطوات التالية: أولا ينبغى أن تتكثف الأجرام الثلجية فى القرص. والمتطلب الثانى هو تكون الكواكب العملاقة، التى تؤدى دورها فى الإطاحة بالمذنبات وتشتيتها لتقبع فى مستقر بعيد. وإذ تدنو المذنبات من الشمس، تتشكل فيها بفعل الحرارة تلك السحابة المتألقة والذيول التى نشاهدها. وفى خلال هذه المرحلة فقط تظهر المذنبات كأجرام مرئية بوضوح. وتبعا لذلك فليس متوقعا أن تشاهد المذنبات حتى تبلغ المنظومة الكوكبية مرحلة النضج. وهناك الكثير من المصادفات التى لا بد وأن تقع لتنشأ هذه المذنبات. ويمت بلوتووتريتون والقنطورس بصلة قربى حميمة بالمذنبات (وهو ما سأناقشه فى النقطة التالية). فقد كانت جميعها فيما سبق - على الأرجح، أعضاء فى حزام "إيدجوورث - كويبر" للمذنبات.

٣-٢ الأقزام الثلجية والقنطورى

٣-٢-١ الكوكب التاسع ؟

جرت العادة على الحديث عن بلوتو الضئيل باعتباره الكوكب التاسع. إلا أن كتلة بلوتو – وحتى بعد إضافة كتلة شارون إليها – بالغة الضآلة. فهى لا تبلغ خمس كتلة قمر الأرض أو ١/٢٠٠ من كتلة الأرض أو ١/٦٤٠٠٠ من كتلة المشترى.

ومدار بلوتو شديد الميل، وبعيد عن الشكل الدائرى، بحيث يقع أحيانا داخل مدار نبتون وسيخرج خارج مدار نبتون فى مارس ١٩٩٩(*). فى ذلك الشفق المتجمد يرقد النيتروجين الثلجى على سطح بلوتو. وباقتراب بلوتو من الشمس، ترتفع درجة حرارته قليلا، فيتبخر النيتروجين مكونا لبلوتو جوا. وإذ ينسحب بلوتو متباعدا عن الشمس يتجمد هذا الجو ثانية.

ورغم أن مدارى بلوتو ونبتون يتقاطعان، فالتقاؤهما معا متجنب. ويدور بلوتو حول الشمس ثلاث مرات بالضبط مقابل كل دورتين لنبتون حولها(**) وربما استدرج بلوتو إلى هذا المدار الآمن من جراء ارتطامه بجرم آخر، مما تسبب فى استقرار هذا

(*) نشر هذا الكتاب فى عام ١٩٩٨ قبل وقوع ذلك الحدث. (المترجم)

(**) فى الوضع المعتاد يدور بلوتو خارج مدار نبتون ويتم دورته حول الشمس فى مدة أطول (٩٠٨٠٠ يوم أرضى مقابل ٦٠١٩٠ يوما أرضيا لنبتون) ولكن نظرا لمدار بلوتو البيضوى فقد كان أقرب للشمس من نبتون فى الفترة من ١٩٧٩/١/٢٣ إلى ١٩٩٩/٢/١١. (المترجم)

المدار. ولولا حدوث ذلك لكان بلوتو قد نبذ منذ زمن سحيق أو استحوذ عليه نبتون، أو دفع صوب الشمس.

من الجلى أن بلوتو ليس بكوكب، وإن لم يكن هناك شك فى استمرار الإشارة إليه باعتباره الكوكب التاسع، وذلك بسبب مزيج من الأسباب العاطفية والتقليدية. ولكن علينا أن نتعامل مع منظومة شمسية تضم فقط ثمانية كواكب، رغم الأمل فى وجود عشرة (وهو رقم أكثر أناقة) أو حتى أكثر. وهو أمل يعود إلى أيام "كانت" لقد كان الأقدمون جد راضين بخمسة كواكب – بجانب أرضهم – وبلوتو بمثابة (ابن عم) لتريتون. ولكنه – شأنه شأن أغلب الأقرباء – لا يماثله. فبلوتو أصغر وأكثر عتامة وكثافة، ربما بسبب اختلاف تاريخيهما. ويحتوى بلوتو على نسبة أعلى من الصخور من جانيميدى وكاليستو أو تيتان. ومن هنا فإن تسمية بلوتو بالقزم الثلجى هى من قبيل التسمية الخاطئة. وهو مثال آخر على تمرد الأجرام بالمجموعة الشمسية على وضعها فى خانات محددة. وسأشرح بإيجاز الكيفية التى يرجح أنه فقد بها بعضا من ثلجه.

وختاما، فقد تم العثور على ٤٠ جرما على الأقل فى مدارات أبعد من مدار نبتون (كان الجرم كيوبى وان ١٩٩٢ QB1١٩٩٢ أول ما اكتشف منها). وهذه الأجرام هى السكان الذين طال توقع وجودهم عند الحافة الداخلية لحزام إيدجوورث – كويبر للمذنبات. ولها بعض أوجه الشبه ببلوتو التى تدعم التماثل ما بين أفراد العائلة.

٣-٢-٢ حالة بلوتو وتريتون الغريبة:

لبلوتو تابع ضخم هو شارون الذى لم يكتشف إلا عام ,١٩٧٨ ومدار شارون حول بلوتو غير مألوف ويميل – مثل توابع أورانوس – بنحو ٩٠ درجة على مستوى المنظومة الشمسية. ويظل شارون وبلوتو ثابتين فى موضعهما بالنسبة لبعضيهما فى سمائهما المعتمة، يحدق كل منهما فى وجه صاحبه تحديقا أبديا.

وتبلغ كتلة شارون سبع كتلة بلوتو، فهو أسن أعضاء الجيل الثانى بالنسبة لوالديه فى المجموعة الشمسية. وهو بذلك يتجاوز بكثير أقرب منافسيه -قمرنا الأرضى الذى لا تصل كتلته إلا إلى ١/٨١ من كتلة كوكب الأرض، فى حين تتضاءل كتل توابع الكواكب العملاقة قياسا إلى كتل (آبائها). وكثافة شارون أقل كثيرا من كثافة بلوتو ويحتوى على مقدار كبير من الثلج، فى حين يغلب على بلوتو الطابع الصخرى.

وعلاوة على خواص شاذة أخرى، يدور بلوتو وشارون حول بعضيهما بسرعة تتجاوز حتى سرعة دوران الثنائى المكون من الأرض وقمرها. ولعل جرما آخر قد ارتطم ببلوتو، وولد شارون من هذا الاصطدام، وربما جرد ذلك بلوتو من ثلجه الذى انتقل إلى شارون.

٣-٢-٣ أصل بلوتو:

اقترح العديد من النظريات حول أصل بلوتو. وبسبب كثافته، فقد اعتقد لفترة ما أنه قد تكون فى داخل المنظومة الشمسية. ولكن الصعوبات تكتنف تصور نقل مثل هذا الجرم من داخل المنظومة إلى أجوازها الخارجية. وتشمل العقبات فى إنجاز ذلك التركيب المقسم إلى مناطق، الذى نشاهده فى حزام الكويكبات وفى وجود المشترى والكواكب العملاقة الأخرى. وطالما لم يكن هناك ثلج مائى على هذا الجانب من المشترى، فيبدو هذا الموضع غير محتمل ليتكون - فى المحل الأول - ذلك القزم البارد الضئيل فيه.

وقد كان المفهوم الشائع الآخر هو أن بلوتو كان تابعا فر من نبتون. إلا أن هذه الفكرة ما لبثت أن فقدت مصداقيتها للصعوبات الضخمة التى تكتنف إمكانية فصل جرم صغير من قبضة ذلك العملاق الثلجى.

والاحتمال الأكثر رجحانا للتفسير هو أن بلوتو يمثل جرما ثلجيا كبيرا تكون خارج نطاق المنظومة الشمسية، ومن ثم فهو بمثابة مذنب كبير، ابن عم لكل من تريتون وشارون. ومهما يكن، فبه من الصخر الكثير، ومن الثلج القليل، (وفقا لوجهة النظر التى نرتئيها)، بما يستبعد معه أن يكون قاطنا مستديما بالمنطقة. لقد تخلص بكيفية ما من ثلوجه، ربما إبان الاصطدام الذى نشأ منه شارون.

إن مثل هذا التاريخ، حرى بأن يحفزنا لتوخى الحذر إزاء اللجوء إلى تركيب بلوتو ليخبرنا عن تكوين القرص الأولى من غبار وثلج وغاز. فربما لا يمثل لا بلوتو ولا تريتون عينة جيدة لتركيب المنظومة الشمسية المبكر. فمثله مثل شيوخ مسنين، مرت عليهم خلال عمرهم المديد أحداث كثيرة ليس منها ما يمكن وصفه بأنه حقا أولها.

إن بلوتو وشارون فى موقعهما النائىء عن الشمس، لا يمكنهما على هذا البعد تبين سوى ١/١٠٠٠ من لمعانها الذى نشاهده من موضعنا على الأرض. ورغم كل شىء فقد أفلح هذا الثنائى فى امتلاك تاريخ متخم بالأحداث يضارع تواريخ الأعضاء القريبين منها، وهكذا فإن المنظومة الشمسية لا تصير أكثر بساطة مع ازدياد البعد عن الشمس.

٣-٢-٤ الاستحواذ على تريتون:

تريتون هو قمر نبتون الضخم. ولقد علق "هنرى كوبر" وهو يكتب عن رحلة المركبة فويدجر إليه فى مجلة "نيويوركر" قائلا: "بدلا مما توقعناه من كون تريتون" مجرد كرة جليدية غير ذات ملامح"، فقد تكشف عن ملامح معقدة وبناء مشوه، بما يحتويه من القنوات المستعرضة، والتكوينات الشبيهة بقطر عيش الغراب والخطوط والآثار التى تخلفها الرياح وجوّه غير الشفاف، والشواهد على تواجد تكثفات من مواد متطايرة،

بحيث بدا مضاهيا للأجرام أوروبا واينسيلادوس والمريخ وإيو إذا ما أدمجت معا فى جرم واحدٍ(٥).

وتريتون رغم أنه يصغر كثيرا قمر الأرض إلا أنه أكبر كثيرا من بلوتو، ويدور حول نبتون فى اتجاه معاكس، فى مدار دائرى تقريبا ولكنه بالغ الميل، فهو التابع الضخم الوحيد الذى يتبع مدارا كهذا.

ويتكون جو تريتون الخفيف فى المقام الأول من النيتروجين، شأنه شأن تيتان تابع زحل العملاق. وتبلغ درجة الحرارة على سطحه ٣٨ درجة فقط فوق الصفر المطلق. وتتغير هيئة السطح ببطء بتغير الفصول. وفى الوقت الحالى(*) يواجه قطب تريتون الجنوبى الشمس. وهو مغطى بثلج النيتروجين الأزرق الذى يأخذ فى التبخر ببطء مع إدفاء الشمس له. وهناك بروزات ونتوءات تشبه ينابيع المياه الحارة من النيتروجين فى فورة نشطة يصل ارتفاعها إلى نحو ثمانية كيلومترات. وعند هذا الارتفاع فإن هذه النتوءات تمتد أفقيا، مثل دخان متصاعد من مدخنة مصنع إذ يخرج إلى جو ذى درجة حرارة مختلفة. وهناك بعض الارتفاع فى سطح الكوكب يبلغ الكيلومتر، لعله مكون من ثلج مائى تحت غطاء من ثلج النيتروجين.

وفى بعض أجزاء السطح هناك نقر (كأنها ثمرة بطيخ عملاقة معلقة فى السماء، فيما عدا أنها تبلغ فى عرضها خمسين كيلومترا). وتشبه أجزاء كثيرة من السطح الأراضى البركانية على سطح الأرض، فيما خلا أن أنهار الحمم مكونة من مزيج من النوشادر والثلج المائى.

ونكاد نجزم أن نبتون قد اقتنص ترتيون وجعله يتخذ مسارا معكوس الاتجاه. وفى خلال تلك الحقبة من إصابات تريتون ربما ارتطم بتابع لنبتون، وقوض أية

(*) أى عام ١٩٩٨ وقت تأليف الكتاب.

منظومات منسقة لتوابع تدور حول الكوكب. ويبدو تريتون كمن أجرى عملية تجميل جراحية بمركبات اصطناعية، حيث يبدو ذا وجه يافع. ولعل تريتون قد انصهر فى أثناء عملية الاستحواذ عليه، وربما بقى فى درجة حرارة عالية بعد ذلك الحدث لخمسمائة مليون سنة. وإذ تجمد سطحه مرة ثانية وأصبح له من الصلابة ما يتيح له الاحتفاظ بآثار الارتطامات به، كانت حقبة انهمار وابل الرجوم على المنظومة الشمسية قد ولت. ولذلك ما من حفر عميقة على سطح تريتون كتلك المشاهدة على قمر الأرض أو عطارد أو كاليستو. وأعمق الحفر التى عثر عليها حتى الآن يبلغ قطرها ٢٧ كيلومترا فقط.

ولقد تبدل كل من تريتون وبلوتو عن حالهما الأصلى عبر تاريخ من التحولات العنيفة، فقد اصطدم بلوتو بجرم آخر، على حين انصهر تريتون - فى أعقاب اقتناص نبتون له. وليس من المستغرب أن ابنى العم هذين يبدوان الآن على شيء من الاختلاف، مثل فردين من عائلة واحدة تفرقت بهما السبل، ومضى كل منهما فى اتجاه مختلف.

ولا بد وأن هذه حال أجرام كثيرة أخرى، وربما كان هناك نحو عشرة آلاف من هذه الأقزام الثلجية، انجرفت كلها واندمجت الآن داخل الكواكب العملاقة، أو أقصيت بعيدا إلى نطاق حزام "إيدجوورث-كويبر" أو سحب "أورت" أو حتى إلى ما خارج نطاق المنظومة الشمسية كلية.

وعلى ذلك فهناك رباط وثيق بين المذنبات، وبلوتو، وتريتون، ومذنبات حزام إيدجوورث - كويبر "وقطيع القنطورى"، الذى أتجه إلى بحثه الآن.

٣-٢-٥ قطيع من القنطورى:

كانت القنطورات - فى علم الأساطير - وحوشا خرافية على هيئة نصف إنسان ونصف حصان، فهى غريبة غرابة الأجرام التى تحمل نفس الاسم فى المجموعة الشمسية. وتعود أول رؤية لهذه الكائنات إلى عام ١٩٧٧، عندما شوهد "شيرون"

يتجول وحده فيما يبدو فى الفجوة الهائلة بين زحل وأورانوس والتى يبلغ عرضها عشر وحدات فلكية.

لقد كان ذلك مفاجأة، إذ جرى العرف على اعتبار الفضاء فيما بين الكواكب العملاقة خاويا، وهى فكرة تعود إلى نيوتن. وشيرون الذى يصل قطره إلى ١٧٥ كيلومترا واحد من أكثر الأجرام عزلة فى المنظومة الشمسية، وهو عبارة عن كتلة ذات لون رمادى داكن ضارب إلى السواد، ربما تغطيها - مثل مذنب هالى - مادة قاتمة شبيهة بالقطران، وبين الحين والآخر تشاهد وهى تنفث بعض الغاز، مما يجعلنا نعدها - بحكم التعريف - مذنبا.

وأقصى دنو لشيرون من الشمس يقع داخل مدار زحل، فى حين يمتد هذا المدار فى غير تلك الأوقات حتى حدود مدار أورانوس على وجه التقريب. وشيرون شبيه - فى حجمه ولونه - بالتابع "فويبى" أحد الأقمار التى استحوذ عليها زحل.

ربما كانت بعض من هذه التوابع التى اقتنصتها الكواكب العملاقة يوما قنطورات تتجول فى الفضاء بكامل حريتها. على أية حال، إن عاجلا أو آجلا وفى بحر مليون عام أو نحو ذلك، سيرتطم شيرون بزحل، وربما بأورانوس. وله ما يكفى من الكتلة كى يضاعف من عدد مجموعة حلقات زحل البديعة، لو قدر له -عند اقتناصه- أن يدور فى المدار الملائم لذلك. وإنما نأمل ألا يقتحم إلى داخل المنظومة الشمسية الداخلية فى خلال تطوافه العشوائى ذاك.

والعضو الثانى ضمن هذا القطيع المتجول والذى عثر عليه بعد ذلك بخمسة عشر عاما، هو "فولوس" ولقد اتضح أنه جرم ثلجى آخر يدور فى مدار يمتد من مدار زحل إلى ما خارج مدار نبتون. وشأنه شأن بلوتو يميل مستوى دورانه بشدة على مستوى الدائرة الظاهرية لمسير الشمس. وهو أكبر قليلا من "شيرون"، ويرجح أنه مذنب هامد ذو سطح مدرع من مادة عضوية. وكان آخر اقتراب له من زحل عام ٧٦٣ قبل الميلاد،

قبل عشر سنوات من تأسيس روما. وقد شوهدت بضعة أجرام مشابهة أخرى، مثل صاحب الاسم الشهير "داموكليس"، إلا أن رصدها من الصعوبة بمكان.

وربما يصل تعداد قطيع القنطورى هذا إلى بضعة مئات. وهى على الأرجح أجرام متجولة انفرطت من عقد سحابة "إيدجوورث -كويبر"، وتمثل نقيضا طريفا ومثيرا للاهتمام للكويكبات التى تمثل نمطيا سكانا (صخريين) يقطنون بالمنظومة الشمسية الداخلية.

لقد مضت هذه الأجرام الصخرية فكونت الأرض، والزهرة والمريخ وعطارد. وعلى النقيض، فتريتون، وبلوتو، والبقية أجرام ثلجية نائية. وهى تشبه أحجار البناء التى تتركب منها بنى الكواكب العملاقة.

ومثل أى قطيع من الأحصنة البرية، فوجود القنطورات غير مستقر، وسينتهى بها الأمر إلى أن تصبح مذنبات ذات دورة عمر قصيرة، أو يقتنصها أحد الكواكب العملاقة أو تصطدم به. وإذا كانت زاوية الاصطدام ملائمة فإن كسارة الأحجار هذه ستنتهى إلى حلقات حول الكوكب، وهو موضوع نقطة البحث التالية.

٣-٣ الحلقات الكوكبية

٣-٣-١ أحجية باكرة:

إن حلقات زحل الجميلة الجليبة كانت - ولمدة طويلة - هى النموذج الوحيد المعروف لمنظومة من الحلقات حول كوكب. وقد علق لابلاس عام ١٧٩٦ قائلا: "يعرض زحل علينا ظاهرة فريدة من نوعها بين منظومات الكون"[٦]. وبكل تأكيد، إن مشاهدة زحل من خلال مرقاب صغير لا نظير لها.

إنها من الغرابة بحيث يخيل للمرء أنه يشاهد "فانوسا" صينيا يسبح فى الفضاء، وطالما أثارت حلقاته الإعجاب والدهشة منذ أن اكتشفها جاليليو، والذى ظن بوجود قمرين كبيرين على جانبى الكوكب. وطبقا لرؤية أخرى اعتقد آخرون أن هذه الحلقات فلقات أو فصوص متصلة بجسم الكوكب "وكأنها آذان". ثم اكتشف كريستيان هايجينز (١٦٢٩-١٦٩٥) أنها عبارة عن حلقة كبيرة منفصلة عن الكوكب تمام الانفصال.

ترى ما عساها تكون؟ إننا الآن جد معتادين على وجود الأقراص فى الطبيعة، فى هيئة أعاصير، أو مجرات لولبية، بحيث يعسر علينا تخيل صعوبة الجهد الذهنى الذى اكتنف محاولة التحول فى التفكير من نموذج الكرة إلى نموذج القرص.

لقد صح فى اعتقاد قدماء الإغريق أن النموذج الأمثل للأجرام السماوية هو الكرة. فشكل الشمس وشكل القمر الكرويان واضحان للجميع، فى حين أن هيئة القرص فى السماء ليست بالمألوفة لدى البشر. فهى لا تتجلى عادة إلا إذا شوهدت من على بعد. والشكل القرصى لإعصار لا يتضح لمراقبيه من على سطح الأرض. وتلزم

معدات معقدة التركيب لاستشعار الهيئة اللولبية الحقيقية سواء للأعاصير أو للمجرات. ولقد اعتقد "هايجينز" أن حلقة زحل سميكة ومصمتة. وحتى لابلاس -وهو العالم البارز الرصين - تبع رأى هايجينز فى اعتبار الحلقة قرصا مصمتا، يبدو كنوع من جهاز فونوغراف (حاكى) سماوى. وقبل ذلك افترض "كانت" - وكان على حق - أن الحلقات مكونة من جسيمات كثيرة دقيقة، يدور كل منها حول الكوكب وفقا لقوانين الحركة الصارمة. ولقد أيد علماء كثيرون تالون معتقدات "كانت".

٣-٣-٢ هل هى جسيمات متخلفة من العصور المبكرة ؟

جرت العادة على الاعتقاد بأن تلك الحلقات تحمل مغزى رئيسيا يشير إلى أصل المنظومة الشمسية. وحلقات زحل من الامتداد بحيث ساد الاعتقاد بأنها تكوين أوّلى، قرص تخلف عن حقبة نشوء الكواكب، ومن ثم فهى تعطى مفاتيح لما حدث من تناثر القرص الغازى الغبارى إلى كواكب. ولقد علق أحد فلكيى القرن التاسع عشر قائلا: "لقد تخلفت حلقات زحل وهى غير مكتملة كى تنبئنا كيف خلق العالم"[٧] (وما زال هذا المعتقد حيا إلى الآن). ولقد مثل غياب وجود حلقات مماثلة حول الكواكب العملاقة الأخرى لغزا مبهما، وإن كان شرح سبب ذلك فى حيز الإمكان.

ولقد زاد الموقف تعقيدا، عندما عثر على حلقات حول كواكب رئيسية أخرى فى غضون سنوات قلائل. ففى ١٠ من مارس عام ١٩٧٧، اكتشفت الحلقات حول أورانوس، وأعقب ذلك اكتشاف نظام الحلقات حول المشترى فى ٤ مارس ١٩٧٩ بعد عامين. وفى السنتين التاليتين كشف النقاب عن التفصيلات الفريدة لمنظومة حلقات زحل.

وقد قامت المركبة (فويدجر ٢) بفحص للحلقات التسع حول أورانوس عن كثب فى يناير ١٩٨٦، وشاهدت فى أغسطس ١٩٨٩ الحلقات الثقيلة حول نبتون التى كان وجودها قد تم استشعاره من على الأرض قبل ذلك بفترة وجيزة.

وعند مقارنتها بحلقات زحل، تتميز هذه الحلقات المكتشفة حديثا بأنها أقتم لونا وأخف كتلة. وكان هذا الاختلاف وراء تأجل اكتشافها إلى هذا الوقت المتأخر. على أية حال فقد زاد اللغز حول منشئها غموضا، نظرا للاختلاف بين هذه الحلقات، وإن كانت تحمل كلها خاصية مشتركة. فجميعها تقع قريبا جدا من كواكبها فى مواضع تكفى فيها قوى الجاذبية لتمزيق أى جرم هش سهل التهشم يقع فى حوزة كوكب عملاق.

٣-٣-٣ سيد الخواتم(*)

لقد تم الآن تحليل صور حلقات زحل البديعة التى التقطتها مركبات الفضاء، وتبين أنها عبارة عن عدة آلاف من حلقات من جسيمات تدور فى مدار منتظم حول زحل (انظر شكل ٢٢) ويستغرق كل جسيم زهاء اليوم ليتم دورة حول الكوكب.

ورغم أن منظومة الحلقات تمتد إلى مدى شاسع (حيث يضارع قطرها المسافة بين الأرض وقمرها)، فسمكها رقيق إلى درجة غير عادية. ولا يصل السمك الحقيقى بالتأكيد إلى الخمسين مترا، وربما يكون بضعة أمتار فحسب. ويمكن - دون تجاوز - تصور نموذج لها بنفس نسب القياس مكون من شريط من مادة بلاستيكية (كالمستعمل فى تغليف المواد الغذائية) بعد بسطه بنعومة فوق كرة قدم. ومتوسط حجم الجسيمات فى هذه الحلقات يبلغ فقط بضعة أمتار، وإن كانت هناك جسيمات فى حجم البيت أو الجبل بين هذه الأحجار غير المشذبة.

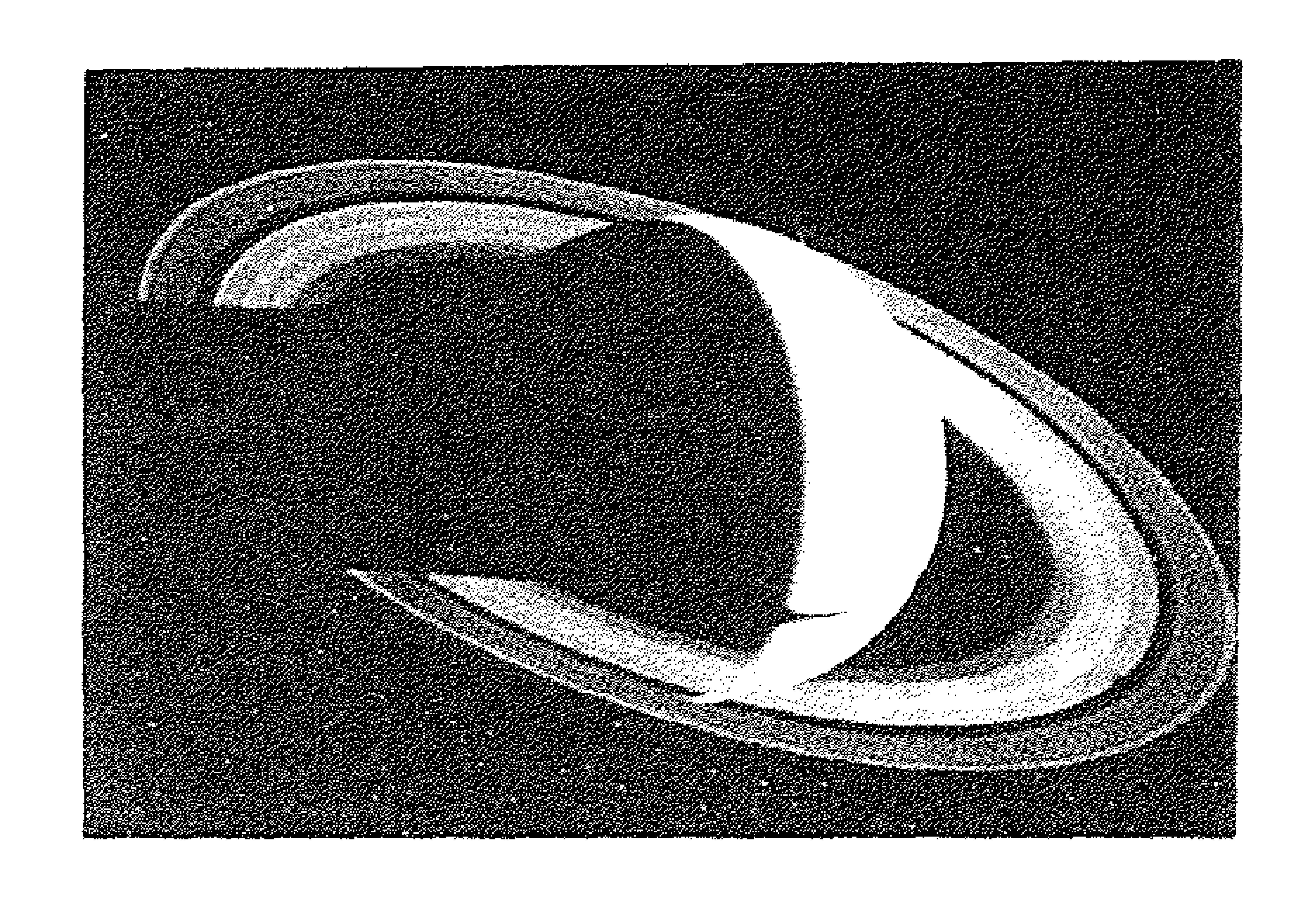
وتعكس جسيمات الحلقة ضوء الشمس بشدة، فهى مغطاة بثلج الماء، والأرجح أنها فى معظمها من الثلج أكثر من احتمال كونها صخورا متجمدة. وهناك كذلك ذرات

(*) "سيد الخواتم" اسم يطلق هنا مجازا على زحل فى إشارة إلى حلقاته المتعددة، والاسم فى الأصل عنوان لقصة من أدب الفانتازيا الخيالى للكاتب البريطانى تولكين (١٨٩٢-١٩٧٣). (المترجم)

من الغبار، وبصفة خاصة في الحلقات الخارجية، ولعله هو الذي يكون كل الحلقة الخامسة الأثيرية الساحرة هـ (E) (اصطلح على تسمية النطاقات الرئيسية في حلقات زحل بالحروف أ، ب، ج... A,B,C بنفس الترتيب الذي تعرف عليها به الراصدون الأوائل).

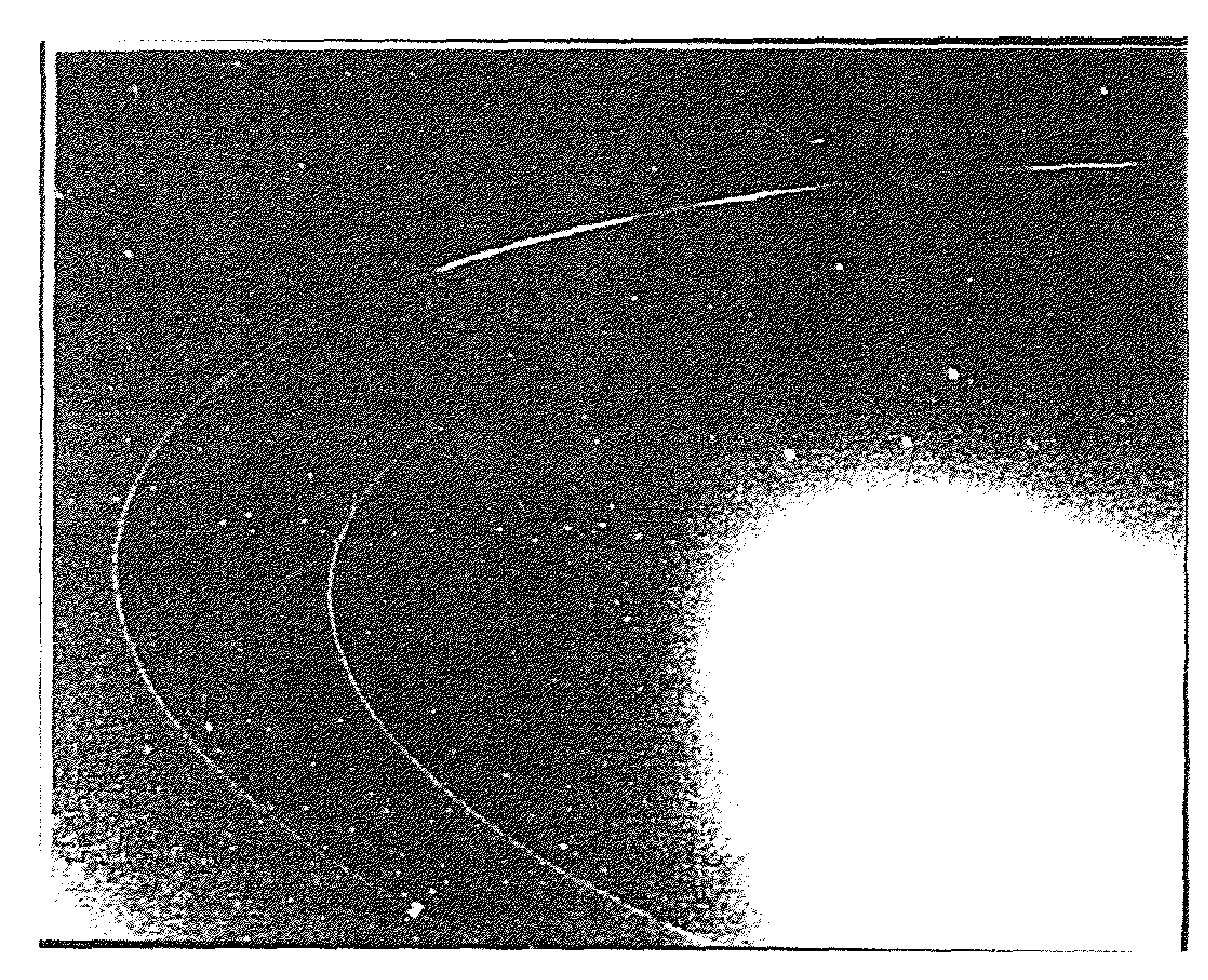
والحلقة هـ أكثر شبها بالسحابة منها بالقرص، وتنتشر عموديا لبضعة آلاف من الكيلومترات، وذلك على النقيض من الحلقات الرئيسية ذات الرقة المتناهية. ويلوح أنها تتكون من رشاش أو رذاذ من الغبار الدقيق الناجم إما عن نشاط بركاني على سطح القمر التابع القريب، انيسيلادس وإما من اصطدامات جسيمات الحلقة الدقيقة بالتابع الثلجي.

ومما يجبه الراصدين، ذلك التحديد القاطع لحواف حلقات زحل المنفردة. وبدلا من اكتظاظها بالمادة وبلوغها كثافة مرتفعة، لا تحتوى الحلقة (ب) على شيء لمسافة تتجاوز قليلا الكيلومتر. ولا تصل حواف الحلقات الأخرى لأكثر من المائة متر عرضا. وربما يعود هذا التحديد القاطع لحواف الحلقات. إلى أقمار صغيرة جوالة، تبلغ من الضآلة حداً يصعب معه اكتشافها في الوقت الراهن، وكثيرا ما يطلق على هذه الأقمار الصغيرة الجوالة اسم "الرعاة" لتماثل وظيفتها مع مهمة الرعاة الذين يحرسون قطعان الأغنام (التي هي هنا جسيمات الحلقات). ومهما يكن الأمر فإن تسميتها (بكلاب الرعاة) أكثر ملاءمة "فالكلاب أكثر كفاءة من الرعاة". (هذه العبارة الأخيرة هي حكمة مأثورة من التراث الذي تلقيته في شبابي في مزرعة بنيوزيلندة).



شكل (٢٢)

حلقات زحل، كما شوهدت من مركبة فويدجر لدى مرورها قرب زحل. تقع الشمس إلى يمين الصورة، كما يقع جزء من الحلقات في ظل الكوكب. (وكالة ناسا- فويدجر الصورة رقم ٢٣٢٥٤).



شكل (٢٣)

حلقتان من حلقات نبتون، كما شوهدتا من مركبة "فويدجر٢" من على بعد مليون كيلومتر من نبتون. الحلقة الداخلية المسماة لى فيريير تبعد عن نبتون بمقدار ٥٣٠٠٠ كيلومتر، والحلقة الخارجية "آدمز" على بعد ٦٣٠٠٠ كيلومتر منه، والثلاثة أقواس المتكتلة فى حلقة "آمز" تظهر بوضوح فى الصورة. تظهر الحلقتان براقتين فى هذا الشكل نظرا لتشتت الضوء بتأثير الغبار الميكروسكوبى الذى تتكون منه الحلقات. (وكالة ناسا JPL – الصورة رقم ٣٤٧١٢).

٣-٣-٤ نظائر أكثر رقة وقتامة:

للمشترى حلقة مفردة رقيقة، مكونة من حبيبات لا يصل قطر كل منها إلى الميكرون. وتذكرنا مثل هذه الحلقة الأثيرية بـ "تنكربل[*]. Tinker Bell " الصديق الخفى الذى لا يُرى تقريبا "لبيتربان و ويندى[**] "Peter panWendy". والحلقة فى حاجة إلى زاد مستمر من الحبيبات، إذ إن حبيباتها الدقيقة تتحرك فى مسار لولبى فى سرعة صوب المشترى لتندمج فيه. وربما يتوفر هذا الزاد المستمر من تابع دقيق أو أكثر من أقمار لم يتم اكتشافها بعد.

أما أورانوس فحوله تسع حلقات رقيقة قاتمة. وهى ليست بالسوداء –والأسود هو اللون الشائع هنا– ولكنها ذات لون رمادى داكن، ومعتمة تماما على عكس حلقات المشترى وزحل. وحبيبات هذه الحلقات ضئيلة الحجم، وكحبيبات حلقات المشترى لا يزيد قطر كل منها عن الميكرون.

(*) تنكربل شخصية خيالية ظهرت فى مسرحية سنة ١٩٠٤ ثم فى قصة سنة ١٩١١ للكاتب ج.م. باريز. (المترجم)

(**) بيتر بان وويندى فيلم رسوم متحركة لوالت ديزنى عام ١٩٥٣ ظهرت فيه شخصية تنكربل. (المترجم)

ويتراوح عرض الحلقة الواحدة ما بين ١، ١٢ كيلومتراً، ولها حواف حادة (وكأنما نُحتت) بفعل الأقمار الصغيرة الجوالة (الرعاة). وفيما بين الحلقات توجد بعض الطرق العريضة غير المرئية من الغبار. وشأنها شأن حلقات زحل، فهي شديدة الرقة لا يتجاوز سمكها بضعة أمتار، على أن حلقات زحل تحتوى من المادة ما يزيد على هذه بآلاف المرات.

أما نبتون فقد تم التعرف حوله على خمس حلقات (انظر شكل ٢٣). وقد سميت اثنتان من هذه الحلقات باسمي جال Galle الذى عثر على نبتون، ولي فيريير Le Verri-er الذى أرشده أين ينظر بحثا عنه. كما أطلق على الحلقة الخارجية اسم آدمز Adams والذى استدل بحساباته على موضع نبتون، وإن كان قد أخفق فى حض فلكيبى إنجلترا على التوجه بأبصارهم إلى هناك بالسرعة الكافية. وهكذا فقد نال هؤلاء الثلاثة الذين ارتبطت أسماؤهم باكتشاف كوكب نبتون –فى خاتمة المطاف– مكافأتهم المستحقة.

وحلقة آدمز شهيرة ليس بسبب انتظامها، وإنما لأن بها ثلاثة أقسام أكثر سمكا. ربما توقع البعض أن تنتشر المادة فيما حول الحلقة فى غضون سنوات قلائل بدلا من بقائها متكتلة على بعضها، وربما يعود هذا التكتل إلى تأثير التابع القريب "جالاتيا" الذى يقوم بعملية التشذيب القاطع لحوافها. على أن كمية المادة فى منظومة حلقات نبتون بالغة الضآلة، لا تكوّن أكثر من واحد فى المائة من مادة حلقات أورانوس أو واحد من مائة ألف جزء من مادة حلقات زحل الفاتنة.

ولكن. ماذا عن الكواكب الداخلية؟ أسفر البحث عن حلقات حول المريخ عن عدم وجود أى أثر لحلقات داخل مدار "فوبوس" وهو ما قد يتوقعه المرء. كذلك لا توجد أية علامات تدل على وجود حلقات حول أى من عطارد والزهرة... والأرض.

٣-٣-٥ أصل الحلقات:

إن اكتشاف حلقات حول أورانوس والمشترى ونبتون، علاوة على وجود الحلقات الشهيرة حول زحل يثير التساؤل بالطبع حول ما إذا كانت عملية تكوّن هذه الحلقات أمرا حتميا خلال عملية تشكل الكواكب.

والتباين بين نظم الحلقات المختلفة جد كبير. ولا يرتبط هذا التباين بحجم الكوكب أو موضعه. فللمشترى حلقة رقيقة، مكونة من غبار، فى حين أن لزحل حلقاته العريضة ذات البريق البديع، ولأورانوس حلقاته الضيقة الداكنة بما بينها من ممرات غبار، أما نبتون فله حلقاته المتكتلة. ولقد علق المنشغلون بذلك، ومع ظهور الاستكشافات الحديثة قائلين: "مرة أخرى، تبدو الأرصاد كالمقصرة والعاجزة عن كشف جوهر طبيعة الحلقات"(٨).

ومن الجلى أنه لم تقع عملية تكوين حلقات منتظمة، كما أن هناك تباينا هائلا بين طبيعة الحلقات، مثلما هو الحال فى كل شىء آخر فى المنظومة الشمسية، فليس بوسعنا إرساء أية قواعد عامة. فكيف يتأتى لنا ذلك فى ظل التنوع الفائق فى الكتلة والبنية والتركيب الكيميائى؟ على أن هناك بعضا من المفاتيح.

فبادىء ذى بدء ليس هناك الكثير من المادة بالحلقات، وكل المادة فى الحلقات أو فى الأقمار الجوالة (الرعاة) الخاصة بزحل يمكن احتواؤها داخل قمر تابع ثلجى نصف قطره ٢٠٠ كيلومتر. ويمكن لجرم صغير معتم أن يحتوى كل المادة فى حلقات أورانوس. كما يتضاءل إجمالى كتلة حلقة المشترى أو تلك الحلقات الخاصة بنبتون.

وكما رأينا آنفا تقبع جميع الحلقات قريبا من كوكبها الأم (فى حدود ثلاثة أمثال نصف قطر الكوكب)، وهو النطاق أو المدى الشهير الذى استخلصه الرياضى الفرنسى إدوارد روش **Edward Roche (1820-1883)**. ومن شأن أى جرم هش إذا اقترب بهذا القدر داخل حوزة الكوكب العملاق أن يتشظى ويتبعثر إلى أجزاء (مثلما يفعل المارد

الشرير إذا ما أمسك بالجنية فى قصص الأطفال). ويعطينا مذنب شوميكر-ليفى، الذى تناثر إلى خمس وعشرين قطعة بفعل المشترى نموذجا دراميا على ذلك. ولو أنه كان فى مدار مختلف، فربما كان قد كوّن حلقة من غبار بدلا من اصطدام شظاياه وحطامه بالكوكب على ذلك النحو المروع.

وتتنبأ النظرية كذلك بعدم استقرار الحلقات عبر فترات طويلة من الزمن. فالكوكب الأم سيجرف الحبيبات خلال سنوات تقدر ببضع مئات من ملايين السنين، وهى حقبة قصيرة بالقياس إلى الأربعة بلايين والنصف بليون عام التى عاشتها المنظومة الشمسية. وإذا صحت الحسابات، فللحلقات عمر قصير نسبيا.

ومن ثم فلعل الحلقات قد تكونت من حطام الأقمار التى انحرفت فى مسارها، والجة فى قبضة جاذبية الكوكب. إن هناك العديد من الأقمار ذات الحجم الملائم. لحدوث ذلك. إلا أن المشكلة الأساسية التى تعترض هذا النموذج هى أن نشوء الأقمار يعود إلى حقبة أكثر تبكيرا، أى إلى بداية تكون المنظومة الشمسية،إذ كانت هذه الأقمار قد استقرت فى مداراتها الثابتة منذ أمد طويل. وشأنها شأن الأناس ذوى السلوك القويم فى تجنبهم للأخطار، فليس من المحتمل أن تنحرف عن مسارها وتدنو من الكوكب. والصورة الأقرب إلى الواقع هى أن الحلقات تنشأ من تحطم المذنبات التى تم اقتناصها، مثل "شيرون"، إذ تتحول الحبيبات الدقيقة إلى حلقات، فيما تكوّن الأجزاء الأكبر أقمارا صغيرة، تقوم بعمل الرعاة (أو "كلاب الرعاة" -أيا كانت التسمية التى تؤثرها -) كما أنها تنتج الغبار فى أثناء اصطداماتها وتطاحنها فيما بينها (ككتل الأحجار فى مجرى مائى).

ربما كانت حلقات زحل البديعة شذرات ممزقة وشظايا مذنبات ثلجية. وربما كانت الحلقات من طراز تينكربل (الأكثر أثيرية) مجرد أجرام طارئة عابرة. واختلاف كتل الحلقات وألوانها هو نتاج طبيعى لتحطم أجرام ذات تكوينات مختلفة، بعضها ثلجى ولامع وغيرها قاتم ذو طبيعة صخرية.

٣-٣-٦ مشهد عابر:

إذا كان تحطم المذنبات المقتنصة هو حقا التفسير الصحيح لأصل الحلقات فإن الحلقات المرئية هى بمثابة وافدين جدد وصلوا متأخرين للمنظومة الشمسية، وهى ملمح عارض، ليس له مغزى أساسى يشير إلى أصل المنظومة، فيما عدا أنها تدعم النموذج العام القائل بأن الكواكب قد تكونت من أجرام أصغر منها.

ولعل الطبيعة التكتلية لحلقة "آدامز" حول نبتون تعرض علينا الطبيعة المؤقتة لنظم الحلقات قياسا إلى المقياس الزمنى للمنظومة الشمسية. ومن هنا فإن الحلقات الكوكبية -مثل أشياء أخرى كثيرة فى المنظومة الشمسية- هى نتاج لأحداث عشوائية وقعت مصادفة، وتتكون عندما يتجول مذنب ذو جرم صغير فى نطاق جاذبية كوكب عملاق.

ويعود عدم وجود حلقات حول الكواكب الأرضية إلى حجمها الضئيل. وغالبا ما تصطدم المذنبات والكويكبات مباشرة بهذه الكواكب، وتتفجر مخلفة على سطحها الأخاديد. وسرعان ما يجرف الكوكب بقايا الحطام الناجم، بدلا من تجمعه فى شكل حلقة حوله. ما هو معدل تكرار وقوع هذا الحدث يا ترى؟ تختلف فى ذلك التقديرات.

على أن الأرجح هو أن مائة اقتراب والتقاء بين مذنبات كبيرة وكواكب عملاقة قد وقعت على امتداد عمر المنظومة الشمسية. وأغلب هذه اللقاءات لم يخلف أية مادة فى المدار، إذ يقتضى ذلك وقوع الاصطدام بزاوية وسرعة بعينيهما.

وفى أعقاب مثل هذا التحطم، لن يحتاج الأمر لأكثر من عشرة آلاف إلى مائة ألف سنة لكى تنتشر المادة متخذة هيئة القرص. ومن الممكن أن يقع الحدث الذى ينتج حلقة واحدة لكل كوكب مرة واحدة خلال عمر المنظومة الشمسية برمته. ويبدو هذا النموذج مترابطا، ومتمشيا مع الأرصاد لمجموعة الحلقات سحيقة البعد حول كل من الكواكب الرئيسية.

ويعنى ذلك بالمثل، أنه طالما أن عمر الحلقات يقدر ببضع مئات من ملايين السنين، فمن غير المحتمل أن يتجدد ظهورها. ومن ثم يلوح أن الحلقات ذات عمر قصير نسبيا. أما ينبغى أن نعد أنفسنا محظوظين إذ نتواجد فى المجموعة الشمسية فى نفس الوقت الذى تتواجد فيه حلقات زحل الرائعة؟ ربما يتعين علينا أن نرفع من تقديرنا لها، ما دامت -شأنها شأن الكثير مما حولنا - فريدة من نوعها فى هذا الكون.

٣-٤ الكويكبات

٣-٤-١ هوام السماء:

طالما كانت الكويكبات مصدراً لاستفزاز الفلكيين، الذين ينصب اهتمامهم الأكبر على الأجرام البعيدة. إن ذلك السرب من القطع والكتل يعترض سبيلهم، مما حدا بهم إلى تسميته بذلك الاسم المزرى: "هوام السماء". على أية حال فلدى هذه الكويكبات قصة يمكنها سردها لكل من يتشوق لمعرفة أصل المنظومة الشمسية. وتدور الأسئلة الرئيسية حول: لماذا لا يتواجد إلا القليل من المادة، ولا يوجد كوكب ما فى هذا الموضع بين المريخ والمشترى طبقا لما تقتضيه قاعدة "تيتيوس- بود"(*) ! لقد لوحظت هذه الثغرة ما بين الكواكب التى تترتب مواضعها فى نسق متسق، منذ زمن" كبلر". وعندما خرج جوهان دانييل تيتيوس (١٧٢٩- ١٧٩٦) بقاعدته الشهيرة عام ١٧٦٦، كان من الواضح أن هناك كوكبا مفتقداً ما بين المريخ والمشترى. وبعد أن اكتشف هيرشل كوكب أورانوس سنة ١٧٨١على مسافة ٢و١٩ و. ف - وهى قيمة قريبة من الرقم ٦و١٩ الذى تنبأت به قاعدة تيتيوس - بود، جد الفلكيون فى بحوثهم، وشمروا عن سواعدهم.

(*) يرجى الرجوع للباب الأول. (المترجم)

وكان من عجائب المصادفات أن يكتشف جيوسيبى بياتزى (١٧٤٦ -١٨٠١) الكويكب سيريس على بعد ٢و٧٧ و. ف، بالقرب من الموضع المتنبأ به وهو ٢و٨ و.ف، إذ كان فقط يراجع - عرضًا - مواقع النجوم طبقا لفهارسها فى أول يوم من عام ١٨٠١ . ولكنه ما لبث أن فقد أثر ذلك الكويكب، ولم يمتد به الأجل ليستمتع بالشهرة، فقد توفى فى ذات السنة، ربما من فرط انفعاله باكتشافه.

وكويكب" سيريس" الذى يحتل رقم(١) فى قائمة الكويكبات هو الأكبر حجما من نوعه، ويحتوى على حوالى ثلث كتلة حزام الكويكبات برمته. ويصل قطره إلى٩٣٣ كيلومترا. والكويكب التالى" بالاس" اكتشفه عام ١٨٠٢ ولهلم أولبرز(١٧٥٨- ١٨٤٠) (وهو الذى سبق أن التقينا به ونحن نناقش قضية إظلام السماء ليلا). لقد أمكنه أيضا أن يصحح من موضع" سيريس". وسرعان ما تبع ذلك العثور على "جونو" و"فستا". ولقد اعتقد أولبرز أن هذه الأجرام الضئيلة كانت شظايا لكوكب قد انفجر، وهى فكرة مازالت تتشبث بمكانها وتتلكأ فى الرحيل. أما لابلاس، فيحق له أن يفخر إذ اعتبرها قطعا لكوكب لم يكتمل بناؤه، وهو ما يتفق- بدرجة أو بأخرى- مع خط التفكير الحديث.

٣-٤-٢ جمهرة لا حصر لها:

لم تكد سنة ١٨٤٥ تحل إلا وكان كويكب آخر، هو" أستراليا" قد اكتشف، ثم انفتح الباب على مصراعيه، فقد تم التعرف حتى الآن على عشرة آلاف كويكب، كما أن هناك مالا حصر له من الأجرام الضئيلة التى لا يتجاوز عرضها بضعة كيلومترات.

وقد تحددت مسارات نحو ٦٠٠٠ كويكب بالدقة التى تكفل تحديد عددها. ورغم أن حزام الكويكبات يصور - فى الميثولوجيا الشعبية الشائعة - كسرب من الجلاميد الضخمة التى تمثل خطرا على رواد الفضاء الجسورين، فمعظمها فى الواقع منعزلة

تفصلها عن بعضها ملايين الكيلومترات ولا تمثل خطراً ذابال إذا ما اجتمعت. فمجمل كتلة الكويكبات تبلغ خمسة فى المائة من وزن القمر. ولبعضها أسماء غريبة لا أجد عذرا فى عدم ذكرها. ومن نماذجها الكويكبان" إيدا" "وجاسبرا" اللذان يحملان الرقمين ٢٤٣، ٩٥١ على الترتيب فى الفهارس. ولقد التقطت مركبة الفضاء" جاليليو" صورا فوتوغرافية لكليهما. وغالبا ما تدور الكويكبات حول نفسها فى سرعة كنتيجة للتصادمات. ويصل معدل دورانها حول نفسها بضع ساعات – ومتوسط هذا المعدل ثماني ساعات – وإذ اقتربت مركبة الفضاء جاليليو من الكويكب إيدا (انظر الشكل٢٤) فقد رصدت له تابعا ضئيلا هو" داكتيل" يبلغ قطره زهاء الكيلومتر والنصف.

وهناك ثلاث فئات من الكويكبات، ويقع أغلبها داخل نطاق حزامها الرئيسى الذى يمتد بعرض أكثر من وحدة فلكية حول الموضع المحدد بقاعدة تيتيوس- بود (٨و٢ و.ف). أما كويكبات" الهونجارياس" والمسماة باسم العضو الرئيسى فى مجموعتها، فهى أقرب للمريخ.

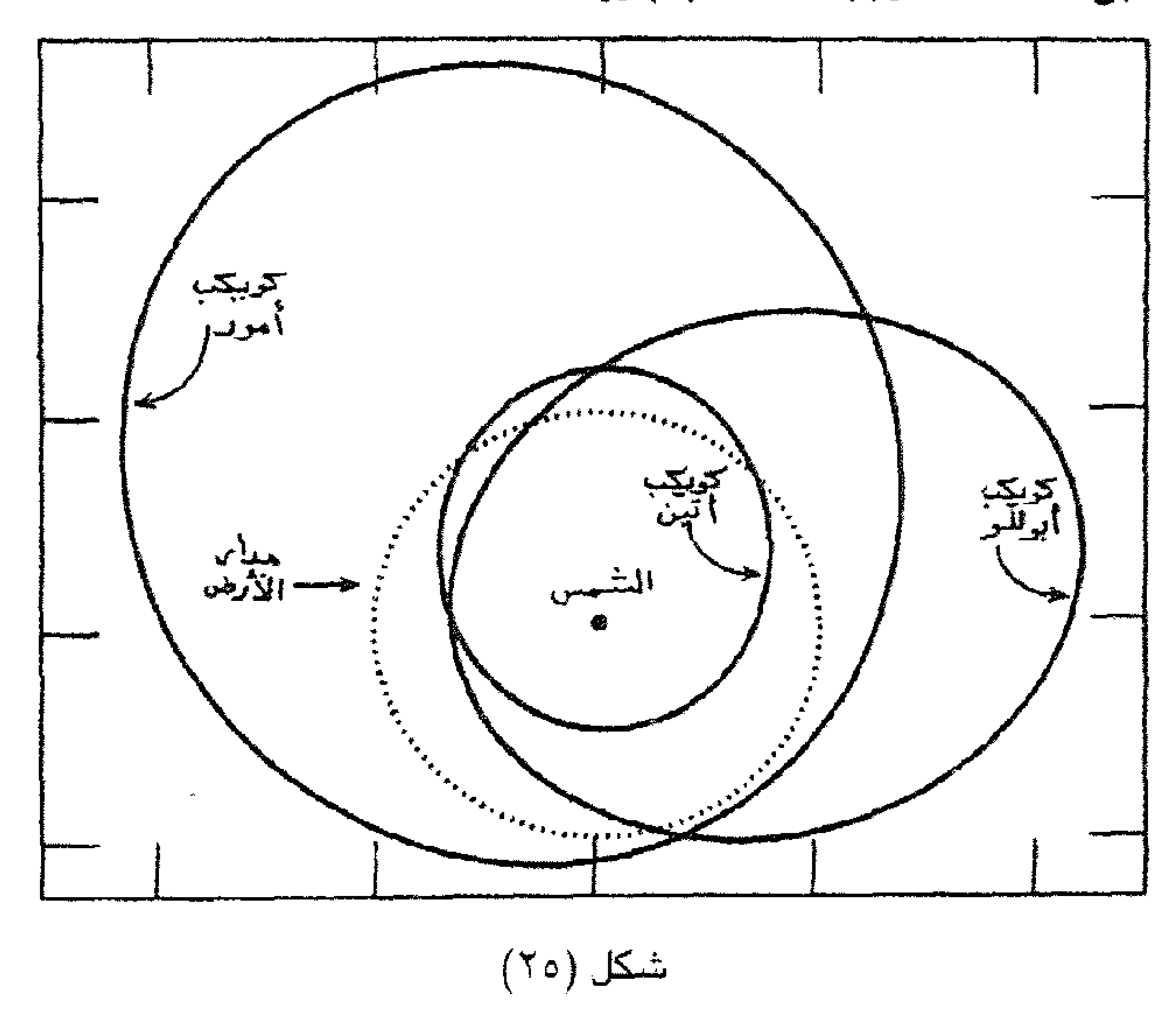
وخارج نطاق الحزام الرئيسى هناك كويكبات "سيبيليس" والمسماة باسم أبرز أفرادها على مسافة ما بين٣و٣، ٥و٣ و.ف. أما كويكبات"الهيلداس" فتقع أبعد من ذلك. وتتوزع مجموعة أخرى هى" الطرواديون" حول مدار المشترى. وشأنهم شأن متعقبى المعسكرات(*) الذين ينأون بأنفسهم عن المخاطر، فإنها تحتل موضعين ثابتين سميا باسم الرياضى الفرنسى العظيم" كومت جوزيف لويس لاجرانج" (١٧٣٦- ١٨١٣). وتتقدم إحدى المجموعتين على المشترى، وكأنها النذير الذى ينبه إلى دنو الكوكب العملاق. أما الجمهرة الثانية من"الطرواديين" فتأتى فى إثر الكوكب إبان دورته الرتيبة حول الشمس التى تستغرق أحد عشر عاما.

(*) تطلق تسمية متعقبى المعسكرات Camp Followers على المدنيين ممن يتعقبون معسكرات العسكريين ويقدمون لهم الخدمات التى يحتاجونها دون أن ينخرطوا فى القتال أو الحرب. (المترجم)



شكل (٢٤)

إيدا: نموذج من الكويكبات، يصل طوله إلى ٥٦ كيلو مترا، وله تاريخ حافل من التعرض للارتطامات تنبئ عنه صفحة وجهه الحافلة بالبثور.



شكل (٢٥)

المسارات النمطية للكويكبات أبوللو، وآتن، وأمور القريبة من كوكب الأرض.

وتحظى باهتمامنا الخاص الكويكبات القريبة من الأرض ، والتى تتقاطع مداراتها مع مدارت الكواكب الداخلية. وتقسم هذه الكويكبات إلى فئات "أبوللو"، "وأتين" و"أمور" (انظر شكل ٢٥) فكويكبات أبوللو لديها القدرة -بالرغم من اسمها المحبب لنا- على أن تنزل بنا دمارا مهلكا، إذ إنها تعترض مدار الأرض. ويقدر عدد ما يزيد طــول كل منها عن الكيلومتر بحوالى الألف، مع احتمال وقوع دمار عريض إذا ما ارتطمت بالأرض.

وليس هناك سوى كويكبين من فئة "أبوللو" هما "سيزيفوس" و "فايتون" يقارب حجمهما الحجم المميز للديناصورات التى عاشت منذ ٦٥ مليون سنة. لقد كان ارتطام كويكب بالأرض حالة مؤثرة من سوء الحظ بالنسبة لها، وإن لم يكن الحال كذلك بالنسبة لنا نحن. أما فئة "الأتين" فلها مدارات تقع فى نطاق مدار الأرض، على أنها تتقاطع مع مدارنا عندما تكون لدى أقصى مسافة لها عن الشمس.

ولفئات "الأمور" مدارات تتقاطع مع مدار المريخ، وتقترب من مدار الأرض، وإن لم تتقاطع معه. وأكبرها "جانيميد" والذى ينبغى ألا يختلط اسمه مع جانميدى تابع المشترى الضخم، ويربو قطره على ٣٨ كيلومترا، ومن المخطط إرسال مركبة إليه عليها جهاز استشعار.

٣-٤-٣ مصدر النيازك:

الكويكبات هى حطام أو أنقاض صخرية ومعدنية. نعرف ذلك لأنها مصدر معظم النيازك، فيما عدا تلك القلة التى تفد علينا من المريخ أو من القمر. وهناك ثغرات أو فجوات فى حزام الكويكبات يطلق عليها "فجوات كير كوود "Kirkwood Gaps على اسم

فلكي جامعة إنديانا دانييل كيركوود (١٨١٤-١٨٩٥) الذى اكتشف وجودها فى القرن التاسع عشر.

وتوجد هذه الفجوات عند نسب بسيطة من أبعاد مدارات الكويكبات عن المشترى. وعند هذه المواضع تعمل قوى جاذبية ذلك الكوكب العملاق على الإطاحة ببعض الكويكبات فى اتجاهنا مما يسفر عن وصول النيازك إلينا. ومن ثم فإن هؤلاء الزوار وفدوا إلينا – حاملين معهم معلومات لنا – مشفوعة بتحية مجاملة لنا من كوكب المشترى.

إن أثمن مساهمة للكويكبات فى استيعابنا هى تزويدها لنا بتلك العينات من المنظومة الشمسية المبكرة، التى تيسر لنا دراسة تركيبها وتحديد عمرها فى مختبراتنا الأرضية. وعلى أية حال فهناك العديد من تراكيب الكويكبات التى لم يتعرف عليها من ضمن مجموعتنا الراهنة من النيازك. ومثلما تواجهنا دوما قارة أنتراكتيكا والصحارى، بحقائق جديدة علينا توخى الحذر، وألا نعول كثيرا على أن النيازك التى بين أيدينا تمثل مجموعة متكاملة.

وعلى أية حال، فرغم أن العينات التى لدينا لا تتصف بالتمثيل العادل بكل تأكيد فليس بمقدورنا من دون عينات الكويكبات هذه فهم التاريخ المبكر للمنظومة الشمسية.

٣-٤-٤ مراتب الكويكبات:

هناك العديد من الأنواع المتمايزة من النيازك ,فليس بالغريب أن تتنوع الكويكبات بالمثل فى تركيبها تنوعا واسعا. وقد تم التعرف على أكثر من عشرة أنواع مختلفة من خلال تلك التقنية العسيرة التى تتضمن دراسة الضوء المنعكس منها. والكويكبات التى تواجه الشمس فى الحزام الرئيسى هى فى الغالب مزيج من الحديد فى صورته الفلزية والمواد المعدنية الصخرية. وتبدو الأخرى وكأنها باطن حديدى لأجرام قد تحطمت.

وبعض هذه الأخيرة كتل من الصلب (المكون من حديد ونيكل) يصل طولها للكيلو متر, وتحتوى على ما فيه الكفاية من العناصر الثمينة بما يكفل لكل فرد منا (لو أمكننا تعدينها) حيازة قدر (صحن) من البلاتين. ربما كان تعدين الكويكبات حقيقة فى متناول تقنياتنا.

ونادرا ما تنفجر من باطن كويكب ما حمم وتنبثق إلى سطحه. و"فيستا" نموذج شهير على ذلك . ولدينا نيازك من هذا الجرم السماوى تنبىء بنشاط بركانى حدث منذ أربعة بلايين ونصف البليون سنة، بعد تكون المنظومة الشمسية مباشرة. وفى المواقع الأكثر بعدا عن الشمس يسود الكويكبات تركيب أكثر بدائية، ومن مثل هذه المواقع استخلصنا النيازك التى تخبرنا عن تركيب السديم الشمسى.

وكتصنيف الصخور على الأرض المألوف لدى كل دارس مبتدىء للجيولوجيا، بمقدورنا أن نصنف الكويكبات إلى ثلاثة أنواع رئيسية: نارية، ومتحولة البنية، ورسوبية. فالكويكبات النارية هى تلك التى سبق أن انصهرت، وهى تتكون من معدن فلزى وصخور. والمواد المعدنية فى الكويكبات متحولة البنية قد تحورت بانصهار الثلج المائى، فى حين أن تلك التى نطلق عليها رسوبية هى مجموعات مدمجة من الغبار والمواد المعدنية، لم يعتورها التغيير منذ نشأة المنظومة الشمسية، ولها علاقة بالشمس فى عصرها المبكر أو ربما بعنصر ذى نشاط إشعاعى خمد منذ أمد بعيد.

٣-٤-٥ عائلات الكويكبات:

على الرغم من أن معتقد تخلف الكويكبات من انفجار كوكب ما قد نُبذ منذ أمد بعيد - فيما عدا فى بعض الأعمال الشائعة - فإن الكثير من الكوييكات هى عبارة عن شظايا لقطع أكبر، نجمت عن عمليات الارتطام الدارجة فى الحزام المزدحم بها. وهذه الشظايا المنتمية إلى نفس الجرم (الأم) تجمع تحت مسمى واحد، ولقد أُنجز الكثير من

العمل فى تحديد "أنساب" هذه الكويبكات. ولقد صنف العلماء الأوائل - فى فورة حماسهم فى العمل أكثر من مائة من هذه العائلات نسبوا إليها غالبية الكويكبات المعروفة، وما لبث المتشككون أن هبوا، ملقين بظلال من الريبة حول صحة (شجرة) معظم هذه العائلات.

وتومئ أحدث الدراسات إلى أن أقلية فقط من أنساب هذه العائلات صحيحة، لا يزيد عددها عن عشرة. ومثلها مثل أسطورة "القنوات المائية" على سطح المريخ(*) فإن ادعاء هذه العائلات العديدة المشكوك فى نسبها هى حكاية تحذيرية تدعو إلى أن يتوخى القائمون على هذا التصنيف الحذر فى حدود ما ينجزون من أرصاد.

ومن هنا فإن غالبية تقسيمات الكويكبات إلى عائلات صغيرة ربما كانت وليدة الصدفة ليس إلا وتذكرنا بالمتطفلين ممن يحاولون الانتساب إلى العائلات العريقة. لقد كانت فكرة التصنيف إلى عائلات فكرة جيدة فى حد ذاتها، ولكن دُفع بها إلى خارج الحدود المعقولة، وهى مشكلة دائمة يكثر الوقوع فيها فى العلوم الطبيعية.

٣-٤-٦ أهى حديقة حيوان؟ أم منطقة للوحوش البرية:

إن أحد الأسئلة الجوهرية: هل هذا الحزام من الكويكبات عبارة عن مجموعة عشوائية من الأجرام المتجولة تم اقتناصها وتجميعها - مثل الحيوانات فى حديقة الحيوان - أم أنها - طبقا للبديل الآخر - منطقة برية غير مأهولة متروكة على طبيعتها، تمرح فيها الكويكبات كما الحيوانات فى بيئتها الطبيعية؟ فلو أنها برية حقا، فعسى أن تخبرنا بشىء ذى قيمة عن المنظومة الشمسية فى عهودها المبكرة. وفى واقع

(*) فى وقت من الأوقات كان يظن بطريق الخطأ بوجود قنوات مائية على سطح المريخ اعتقد بعض العلماء أن سكانا عاقلين قاموا بشقها لنقل المياه وكما سيرد شرحه تفصيلا عند الحديث عن المريخ. (المترجم)

الأمر يلوح أن هذا النطاق عتيق حقا، وأنه باق على حاله -بدرجة أو بأخرى- منذ أكثر الأزمنة تبكيرا. فعلى خلاف الحلقات حول الكواكب العملاقة، لا تعود الكويكبات ولا نطاقها إلى أصل حديث.

ويأتي الدليل على ذلك من الأعمار الطويلة التي نتبينها في معظم النيازك. ويبدو تكوين الحزام هو الآخر موغلا في القدم. فهو ليس خليطا عشوائيا من أنواع النيازك المختلفة. إن هناك تداخلا طفيفا حقا بين فئات النيازك المتنوعة. والقليل من النيازك يحوي قطعا من طوائف النيازك الأخرى، والخلاصة فإن التخالط فيما بين نطاق الكويكبات يبدو غير ذي أهمية. وتفد فئات النيازك المستقلة من نطاق ضيق في الفضاء قد لا يتجاوز اتساعه عُشر وحدة فلكية.

ومن ثم، فليس نطاق الكويكبات حديقة للحيوانات مليئة بأنواعها الكثيرة مما تم اقتناصه ولكنه موجود في موضعه ذاك منذ نشأة المنظومة الشمسية.

٣-٤-٧ أصل الكويكبات:

ماذا عسانا نصنع بهذه المجموعة الهائلة من الحطام؟ لم هي هناك، وما مهمتها؟ ولماذا لا يقع في محلها كوكب قريب للمريخ ووفقا لما تنبأ به منذ أمد بعيد "تيتوس" و "بود"؟ لماذا لم ينم كوكب كبير في مكان نطاق الكويكبات؟ لو قدر يوما لكوكب كبير أن يتواجد في ذلك الموقع، لبقي هناك حتى الآن. ولماذا كانت المادة في هذا الحزام بالغة الضآلة؟ ذلك هو جوهر المشكلة، فما من علة كي نفترض أن هذه المنطقة من السديم الشمسي التي يشغلها الآن حزام الكويكبات شحت فيها المادة بصفة خاصة منذ البداية.

إن ضآلة سرب الكويكبات هناك سببه النشوء المبكر لكوكب المشتري العملاق قريبا من ذلك الموضع. فقد استحوذ العملاق على كم من الأجرام ثم طرحها بعيدا،

حيث نبذ نحو نصفها خارج نطاق المنظومة الشمسية كله، ولعل ربعها قد اندمج مع الشمس، على حين ارتطم قدر مماثل بالأرض أو بالزهرة.

وشأنه شأن الجيش المنتصر الذى يبعثر فلول أعدائه المندحرين، بدل المشترى فى مدارات البقايا المغلوبة على أمرها، فتناثرت، دون أن تقوى على لم شعثها لتكون منه كوكبا. وكأى جمع يولى الدبر كثرت الاصطدامات بين من بقى منها على قيد الحياة. ونحن نشاهد نتائج ذاك على سطحها المشوه المليء بالبثور. لقد وقعت كل هذه الأحداث فى غضون ملايين قليلة من السنوات، فالحالة الراهنة لنطاق الكويكبات تعود تقريبا إلى حقبة تكون المنظومة الشمسية.

منذ ذاك الحين غدا نطاق الكويكبات موضعا "هادئا" نسبيا، وتوقفت الكويكبات عن النمو حين نفد الجوار من المادة التى تتشكل منها. ورغم وقوع العديد من الصدامات فيما بينها بعد ذلك، لم ينجم عنها نشوء ولو حتى كوكب ضئيل. ومن ثم فإن حزام الكويكبات يحمل دليلا دامغا ذا صلة بأصل المنظومة الشمسية. ورغم أنه لم يحو من المادة ما يكفى لتكون كوكب فى موضعه، فإن تلك الحقيقة تلقى بالكثير من الضوء على تاريخ المنظومة الشمسية. وهكذا فإخفاق نطاق الكويكبات فى تكوين كوكب ذو قيمة كبرى فى تلك المسألة: مسألة ما إذا كان هناك كوكب شبيه بالمريخ ذات مرة فيما بينه وبين المشترى.

٣-٤-٨ هل من أحزمة كويكبات أخرى:

ما من علامة على وجود كويكبات من النوعية (الطروادية) فى المواضع الملائمة من مدارات زحل وأورانوس ونبتون. ولو كانت الكويكبات قد تبعثرت - بفعل المشترى - من نطاقها على مدى عريض فربما توقعنا أن يأسرها زحل أو أورانوس أو نبتون،

ولكن لا يظهر أى منها فى تلك المدارات - وإن كان هناك احتمال فى وجودها مع ضآلتها بحيث تجل عن الرصد الآن.

لقد تم التعرف على كويكب وحيد وهو مرقم بالرمز ١٩٩٠ إم بى (١٩٩٠ MB)، وهو يقتفى أثر المريخ فى مداره -كالكلب الوفى- وهو أول كويكب " طروادى" مريخى، كما اقتنصت الأرض كويكبا آخر - أعطى الرقم ٣٧٥٣ - وهو ذو جرم ضئيل يصل عرضه إلى خمسة كيلومترات، ويدور فى مدار (أشبه فى هيئته بالكلية أو حبة الفاصوليا) يمتد ما بين عطارد والمريخ، فهو بمساره الجوال هذا مجرد مصاحب مرافق للأرض أكثر من كونه قمرا تابعا لها.

والأجرام العديدة التى تطوف خارج المنظومة الشمسية تقع ضمن فئة الأقزام الثلجية والقنطورات والتى سبق أن تطرقنا لها فيما سلف. وهكذا قد لقد رأينا التناغم الدقيق الذى كان تحققه حتميا كى يتكون المشترى.

ولو لم يكن موجودا فى موقعه ذاك، لما وجد بالتبعية ذلك النطاق من الكويكبات. وإذا كانت الكواكب على شاكلة المشترى نادرة الوجود فى الكون، فتكون أحزمة الكويكبات بالمثل أمرا غير مألوف. ومن ثم فقد كتب على سكان مثل هذه المنظومات الكوكبية الأخرى أن يقضوا حيواتهم بدون نيازك تخبرهم عن تاريخهم المبكر.

٣-٥ المريخ

٣-٥-١ الكوكب الأحمر:

من بين كل الكواكب، فتن الخيال البشرى - على نحو فريد - بكوكب المريخ. فالظروف على سطح ذلك الكوكب تقارب ظروف سطح الأرض أكثر من أى جرم آخر ضمن المنظومة الشمسية. وهو بمثابة بيداء باردة، فمتوسط درجة الحرارة عليه يبلغ ٥٥ درجة تحت الصفر المئوى، أى ٢١٨ درجة على مقياس كلفن، وإن كانت تتخطى حد ٢٠ درجة مئوية صيفا بالقرب من خط استوائه.

وبوسعنا أن نتصور كيف تكون المعيشة هناك، فحتى طول اليوم على المريخ يقارب مثيله على الأرض. ربما ستكون ظروف الحياة أعسر قليلا من الحياة فى قطبنا الجنوبى، حيث ستحل الزوابع الترابية طويلة الأمد محل العواصف الثلجية العنيفة. وسيحتاج المقيمون هناك إلى الأكسجين والماء، ومأوى آمن، وإلى مصدر جيد للطاقة أيضا. ولو تملكهم الطيش وجازفوا بالانتقال إلى قرب القطبين المريخيين لتعرضوا حتى لزخات متوالية من الثلج الخفيف الجاف.

لقد عرف الرومان المريخ كإله للحرب، بسبب لونه الأحمر. وطالما سيطر هذا الكوكب على خيال البشرية، ومن ثم فقد كان المريخ موضعا أثيرا لأحداث روايات الخيال العلمى. وكم تخيل البشر قطانا وهميين بهذا الكوكب الأحمر، وخلعوا عليهم كل الخصال الكريهة فى الإنسان.

وقد كانت رواية حرب العوالم للكاتب هـ.ج.ويلز (١٨٦٦-١٩٤٦) واحدة من النماذج الأولى على ذلك، إذ تضمنت غزوا من المريخيين العدوانيين للأرض. وفى أواخر القرن التاسع عشر، رصد جيوفانى شياباريلى (١٨٣٥-١٩١٠) خطوطا منتظمة عبر سطح المريخ، فأسماها بالطرق (canali). وهو اللفظ الإيطالى المرادف لمفهوم المجرى channel. على أن بيرسيفال لوويل (١٨٥٥-١٩١٦) حور اللفظ إلى ما يعنى (القنوات المائية) canals، التى تحف بها على الضفتين النباتات والزراعات، ولقد أجرى مسحا لأربعمائة وسبع وثلاثين (قناة) تغطى سطح المريخ فى خطوط متقاطعة. وسرعان ما شاعت الفكرة بأنها قنوات شيدها قوم متحضرون يسعون لنقل المياه من الطاقيتين الثلجيتين لدى القطبين، إلى المناطق العطشى للمياه قرب خط الاستواء.

وفى الواقع فإن الطاقيتين البيضاوين عند القطبين يحتويان فعلا على ثلج مائى، يغطيه -طبقا للمناخ الموسمى- صقيع من ثانى أكسيد الكربون، وهو نفسه الثلج الجاف المعروف لدينا. لقد استثار موضوع (القنوات) اهتمام الناس وشغفهم، بما يتضمنه من دلالة على وجود حضارة أخرى متطورة تكنولوجيا. وكانت إمكانية رصد أصحاب هذه الحضارة، مرهونة بالقدرة التكبيرية المحدودة للمراقب (التلسكوبات) المستعملة آنذاك منذ مائة عام. ومن ثم فقد ادعى بعض الراصدين رؤيتهم، فى حين لم يستطع ذلك آخرون، إلا أن الاقتناع كان تاما بأن هذه (القنوات) من صنع كائنات ذكية. ولكن بقى التساؤل ذو المغزى.. على أى جانب من طرفى المرقاب كانت توجد هذه الكائنات الذكية! فقد تكشف الأمر عن أن هذه القنوات المزعومة لم تكن إلا خداعا بصريا. إن قصة "القنوات المريخية" المدعاة هى تنبيه آخر للعلماء وخير تصوير ومثال لمشكلة تأويل المعطيات وتضخيمها.

٣-٢-٢ صحارى ممتدة إلى مالا نهاية:

كوكب المريخ ضئيل الحجم، لا تتجاوز كتلته ١١٪ من كتلة الأرض، وهو كذلك يقل عنها فى الكثافة كثيرا. ومن هنا فهو بمثابة القريب الفقير لكوكبى الأرض والزهرة. على كل حال فإنه يعوض ضآلته باحتوائه على أعظم تنوع للتضاريس فى المجموعة الشمسية.

فأضخم الجبال على سطح الأرض تبدو كالبثرة إذا ما قورنت بجبال أوليمبوس مونز **Olympus Mons** على المريخ. فهذا البركان المارد يعلو لارتفاع ٢٦ كيلو مترا فوق السهول التى تحيط به، ويمتد لمسافة ٦٠٠ كيلومتر. وأعظم وديان المريخ وهو **Valles Marineris** يصل طوله إلى ٤٠٠٠ كيلومتر، وهو من الاتساع بحيث أن حافته البعيدة تغيب تحت الأفق بالنسبة للرحالة المريخيين ممن يقفون على الجانب القريب. ويمكن أن يطرح المنخفض الهائل **Grand Canyon** على نهر كلورادو بأكمله بداخله فيتوارى ويغيب عن البصر.

يتعين على رحالتنا بالمريخ أن يقوا أنفسهم من الزوابع الترابية، فهى بخلاف الزوابع فى صحارى الأرض - قد تدوم لشهور كاملة. ويبدو ذلك نتيجة لعاملين: دقة حبيبات الغبار البالغة، فحجمها فى حدود بضعة ميكرونات، وانخفاض جاذبية المريخ.

وهذه الزوابع الترابية هى المسئولة عن التبدلات فى السطح التى تشاهد - من خلال المراقب - من على سطح الأرض. لقد كانت تلك الظواهر المتعاقبة للسطح من إظلام وضوء تظن فى البداية نتيجة للتبادلات الموسمية فى الحياة النباتية هناك. وطبقة الغبار تبلغ - كنمط سائد - المتر عمقا. وليس هذا بالعمق الكافى لدفن الصخور الراقدة هنا وهناك والتى نتج أغلبها عن ارتطامات النيازك. ويتصاعد الغبار بصفة أساسية من الأحواض العظيمة الواقعة فى الجنوب، منتقلا فى معظم الأحيان من

نصف الكوكب الجنوبي إلى الشمالي -وهي المنطقة التي حصلت مركبة الفايكنج Viking(*) على عيناتها منها. وعندما يتطامن الغبار ويهبط ثانية إلى السطح فإنه يكوّن حزما معتمة داكنة يمكن رؤيتها في نطاق طبقات الثلج الموسمية عند القطبين.

لقد جذب المريخ الانتباه بطبيعة الحال كأحد محال الإقامة القليلة المتاحة للحياة في المنظومة الشمسية. ولقد أرسلت مركبتان من طراز فايكنج إلى هناك لبحث ذلك، إلا أنهما لم تجدا شيئا. وأهم ما يلفت النظر عدم وجود أية مركبات عضوية ووجود سطح ذي طبيعة مؤكسدة قوية، بحيث تبلغ في فاعليتها في إتلاف الحياة القائمة على أساس دورة الكربون، ما تبلغه المواد المؤكسدة التي تستعمل لدينا منزليا لتبييض الملابس المغسولة. وفي ذات الوقت تصاعد الشغف بشدة مع التقارير الواردة عن إمكانية وجود صورة من صور البكتريا البدائية على المريخ. والدليل على ذلك تتضمنه النيازك المنهمرة على الأرض والآتية أصلا من تحت سطحه بمسافة كبيرة. وسأناقش هذه القضية الشائقة فيما بعد.

يطرح المريخ قائمة لا نهاية لها من الأسئلة. فلماذا هو بهذا الحجم الضئيل؟ إن المركبتين اللتين حطتا عليه - رغم تباعد المسافة بينهما إلى ٤٠٠٠ كيلومتر، وجدتا سطحا متماثلا من الجلاميد الوعرة من الحمم البازلتية. والبراكين- وإن تكن ضخمة طبقا لمقاييسنا - ذات هيئة تشابه قبة حمم هاواي في ماونالوا Mouna loa وللأرض قشرة يابسة قابلة للتزحزح والتحرك، فوق مصادر البراكين في عمق طبقة الدثار mantle. ومن ثم فإن جزر هاواي ذات الطبيعة البركانية تنتشر فوق منطقة شاسعة من المحيط الهادي، وذلك نتيجة لتزحزح صفيحة الباسيفيكي صوب الشمال الغربي فوق البقعة الساخنة التي تفرز الحمم في الأعماق. أما على المريخ، فالقشرة اليابسة جاسئة

(*) أطلقت وكالة ناسا إلى المريخ مركبتين فضائيتين باسم فايكنج (١)، فايكنج (٢) عام ١٩٧٥ ووصلتا للكوكب عام ١٩٧٦ . (المريخ)

غير قابلة للحركة، ومن هنا فإن البراكين الضخمة تتعاظم فى مكان واحد، يساعدها فى الوصول إلى ارتفاعاتها الشاهقة تواضع الجاذبية على سطح المريخ.

٣-٥-٣ كوكب مقسم :

إن هناك تفاوتا جوهريا ما بين نصفى الكوكب الشمالى والجنوبى. فالقشرة اليابسة فى النصف الشمالى والتى ترقد تحت سماء أرجوانية تكتسب لونها من الغبار الأحمر، تتكون أساسا من سهول متشابهة ممتدة من الحمم. أما القشرة اليابسة فى الجنوب فتقع على منسوب أعلى من ارتفاع السهول البازلتية المنحدرة نحو الشمال بمقدار يتراوح ما بين الكيلومتر والثلاثة كيلومترات. وقشرة السطح اليابسة فى الجنوب أكبر عمراً، وتعمر بالفوهات البركانية، وهى ميراث من حقبة زمنية مبكرة تعرضت فيها لوابل من القذائف عبر عمر يمتد لأكثر من أربعة بلايين عام، وهو نفس وابل القذائف الذى خلف الفوهات العديدة بكل من القمر وعطارد.

وقد استأصلت عوامل التعرية كل دلالات على هذه الحقبة المليئة بالإصابات بالنسبة للأرض، فى حين انطمرت هذه العلامات على سطح الزهرة تحت سهول من الحمم.

لقد كان الفرق ما بين طبيعة نصفى المريخ الشمالى والجنوبى محلا لجدال طويل. ويتأرجح الرأى ما بين إرجاعه لسبب داخلى، وبين نسبته إلى ارتطام مبكر عنيف، حفر فوهة تغطى خمسى سطح الكوكب. وينادى باحثون آخرون بإرجاع الأمر إلى اصطدامات يسيرة وإن كانت متعددة، ويرون فى تكوين سهول الشمال بعض الدليل على ذلك. وتوجد مثل هذه الأنواع من الاختلافات فى مواضع أخرى من المنظومة الشمسية. ويتذكر المرء هنا الفرق بين سمك القشرة اليابسة فى جانبى القمر القريب

منا والبعيد عنا. على أية حال فمن المغامرة بمكان أن تستقرى نتائج فحـــص كوكب ما وتطبقها على كوكب آخر.

٣-٥-٤ قشرة خارجية يابسة من الحمم:

بالرغم من أن كلتا المركبتين فايكنج قد استقرت فى نصف كرة المريخ الشمالية فإن الغبار الدقيق الذى تقومان بتحليله يجىء من كل أنحاء الكوكب، تحمله الزوابع الترابية. وبالتالى فهذا الغبار عينة ممثلة لمتوسط تركيب سطح المريخ، تماما مثلما يخبرنا الغبار الذى تحمله الرياح على الأرض بعلامات - كبصمات الأصابع - على معالم قاراتنا حتى فى الأوحال التى على قيعان المحيطات العميقة. ولا تنم تحليلات التربة من خلال مركبة فايكنج أو باث فايندر(*) عن أى تشابه بين مكونات المريخ وقاراتنا على الأرض.

ولقد أسدت المركبة الصغيرة الجوالة والتى كانت ضمن رحلة باث فايندر لنا فائدة كبرى إذ عثرت على صخرة "بارنا كل بيل" "Barnacle Bill التى أعطيت الاسم آنديزايت(**) andesite ، وأثارت الكثير من الاهتمام والفضول. وعلى الرغم من أنها كانت أغنى قليلا بالسيليكا من العينات التى حللت تركيبها كل من الفايكنج والباث فايندر أو من النيازك الوافدة من المريخ فقد احتوت على الحديد بنسب تفوق ما بالصخور البركانية المعهودة لنا على الأرض. وينطوى إطلاق أسماء هذه الصخور الأرضية على صخور الكواكب الأخرى على مغامرة خطيرة. وكلمة آنديزايت مأخوذة

(*) باث فايندر Path Finder: مركبة أطلقتها وكالة ناسا عام ١٩٩٦ للمريخ لاستكشاف مناخه وجيولوجيته. (المترجم)

(*) الأنديزايت andesite: هى أكثر أنواع الصخور البركانية انتشارا بعد البازلت وهى عبارة عن بلورات خشنه داخل شبكة تحتوى على ٥٧٪ سليكا. (المترجم)

عن اسم سلسلة البراكين الضخمة بجبال الأنديز، وهى أحد المساهمين الأساسيين فى نشوء قاراتنا ونموها، فوجود سلاسل براكين ضخمة مماثلة على المريخ يقتضى بنيوية ذات طبيعة صفائحية plate tectonics وتاريخا مماثلا لتاريخ الأرض.

أما تأويلى أنا فهو أن صخرة "بارنا كل بل" يحتمل أن تكون تكومًا موضعيا من بركان بازلتى، وهو أمر شائع الحدوث على سطح الأرض. ومن هنا فأنا لا أعتقد بوجود أية قارة منفردة أو بنية صفائحية أو شبيهة بجبال سانت هيلين(*) على المريخ.

لقد رست "باث فايندر" على مجرى فيضان، ربما كان متوقعا العثور فيه على صخور من مواضع مختلفة. على أن تحليلات التربة التى أجريت من خلال "باث فايندر" تبدو شديدة الشبه بتلك المأخوذة من مركبة فايكنج التى حلت بموضع بعيد عنها. ويؤكد ذلك وجهة النظر القائلة بأن القشرة اليابسة برمتها مكونة على مايبدو من الحمم البازلتية، مثلها مثل قيعان المحيطات بكوكب الأرض.

ولعظم دهشة المجتمع العلمى، فقد عثر على نيازك وافدة من المريخ، ثاوية على سطح الأرض، وقد تم التعرف على نحو ١٢ نيزكا منها. وبالرغم من التشكك الذى ساد فى البداية فنحن على بينة من أنها قد جاءت من المريخ. والقول الفصل الذى يقطع بقدومها من الكوكب الأحمر هو احتواؤها على بعض الغاز الحبيس الذى يتوافق تركيبه مع تركيب جو المريخ الرقيق والذى قاسته مركبة "فايكنج"، كما أن تركيب تلك النيازك شديد الشبه بتركيب سطح المريخ الذى حللته "فايكنج".

(*) جبل سانت هيلين Mt st Helens: جبل بركانى فى مقاطعة سكامانيا بولاية واشنطون فى شمال غرب الولايات المتحدة، ثار فى مايو ١٩٨٠ ثورة كارثية شكلت أعنف انفجار بركانى فى تاريخ أمريكا. (المترجم)

إن عدداً محدوداً من عينات عشوائية من كوكب معقد التركيب جيولوجيا، يضع في طريقنا بعض الصعوبات، كما لو أن لدينا عددا قليلا فحسب من عينات القشرة الأرضية لكوكبنا لا نعرف من أي مكان هي. ومن الطريف أيضا أن نضع في الاعتبار كم كنا سنعرف عن القمر لو أن كل ما لدينا هو حفنة من نيازك القمر وصلتنا على الأرض. ويسهل القول بأن المرء لا يستطيع التعرف على تاريخ جرم كوكبي من مجرد فحص لعينات معدودة.

على أية حال فقد زودتنا بعثتا "أبوللو"، و"لونا" بعدد لا بأس به من العينات من القمر، فأمكننا مسح سطحه جيدا. أما تاريخ القمر فهو من البساطة بمكان. وتبعا لذلك لم يستغرق الأمر سوى سنوات معدودة لتقصى كل تاريخ القمر. أما الوضع مع المريخ فهو بطبيعة الحال أكثر تعقيدا، وإن كانت صورة مترابطة ترابطا كافيا عن تركيب المريخ وتاريخه قد بدأت في الاتضاح. فمقارنة بالأرض أو بالزهرة كدس المريخ لنفسه نصيبا أكبر قليلا من العناصر المتطايرة.

ورغم ذلك فليس لديه إلا غلاف جوى رقيق. ولو كان له يوما ما غلاف جوى أكثر سمكا، لتلاشى وانقشع خلال حقبة الاصطدامات الهائلة.

٣-٥-٥ نتوء ضخم:

من بين الملامح الغريبة التى تميز المريخ، ذلك البروز الضخم المسمى" ثارسيس **Tharsis**" في أحد جوانب الكوكب. وهذا النتوء ملمح فريد في الكواكب الأرضية، ويصل ارتفاعه إلى عشرة كيلومترات عند المركز وعرضه إلى ثمانية آلاف كيلومترات، ويغطى نحو ربع سطح المريخ. وتقع أكبر البراكين على قمته. ومنظومة الإفجيج العظيم فاليس مارينيرس والذى هو في الواقع صدع هائل في الصخور تبدأ قريبا من مركز هضبة" ثارسيس" ممتدة إلى جهة الشرق.

وسطح المريخ – على عكس الأرض – قشرة جاسئة، فما من انزلاقات لصفائح القشرة اليابسة التي نعهدها على الأرض والتى نسميها الصفيحة التكتونية TectOnic plate(*). لذا تتجمع الحمم المنبثقة من داخل الكوكب وتتراكم مكونة هضابا وبراكين تتكدس عند موضع بعينه. وفى الأزمنة المبكرة أفرز النشاط البركانى حمما بازلتية غطت معظم سطح الكوكب. ومع مرور الوقت، تركز هذا النشاط البركانى فى منطقة "ثارسيس"، وعلى مدى آخر بليونين من السنوات كانت الحمم فى المريخ تنبثق من ذلك الموضع تحديدا، مما أدى إلى نشوء ذلك البروز الهائل. أما لماذا تركز النشاط البركانى بهذه الصورة فيعود السبب حتما إلى الاختلافات فى الباطن العميق داخل المريخ التى لا نملك إزاء معرفتها سوى الحدس والتخمين.

والبروز الهائل فى منطقة "ثارسيس" يتسبب فى عدم اتزان الكوكب. فمحور دوران الكوكب يترنح متمايلا ما بين الزاويتين صفر، ٦٠ درجة كل بضعة ملايين من السنين. ولا بد أن يفضى هذا إلى خلل فى تعاقب الفصول المناخية على المريخ. فبتمايل القطبين سوف تنصهر بهما الطاقية القطبية المكونة من الثلج المائى.

وفى الزمن الراهن يصل ميل المحور إلى حوالى ٢٥ درجة (وهذا التشابه مع مقدار ميل محور دوران الأرض هو مجرد مصادفة عارضة). لقد كان من شأن الحياة أن تغدو أكثر صعوبة لنا على الأرض لو واجهتنا تقلبات مناخية أكثر حدة من جراء ميل محور الدوران بزاوية أكثر مما هى عليه.

(*) الجيولوجيا التكتونية هى التى تبحث فى البروزات الظاهرة على القشرة الأرضية وعلى الأخص تكوين الجبال.(المترجم)

٣-٥-٦ هل كان المريخ رطبا فى الزمن الخالى ؟

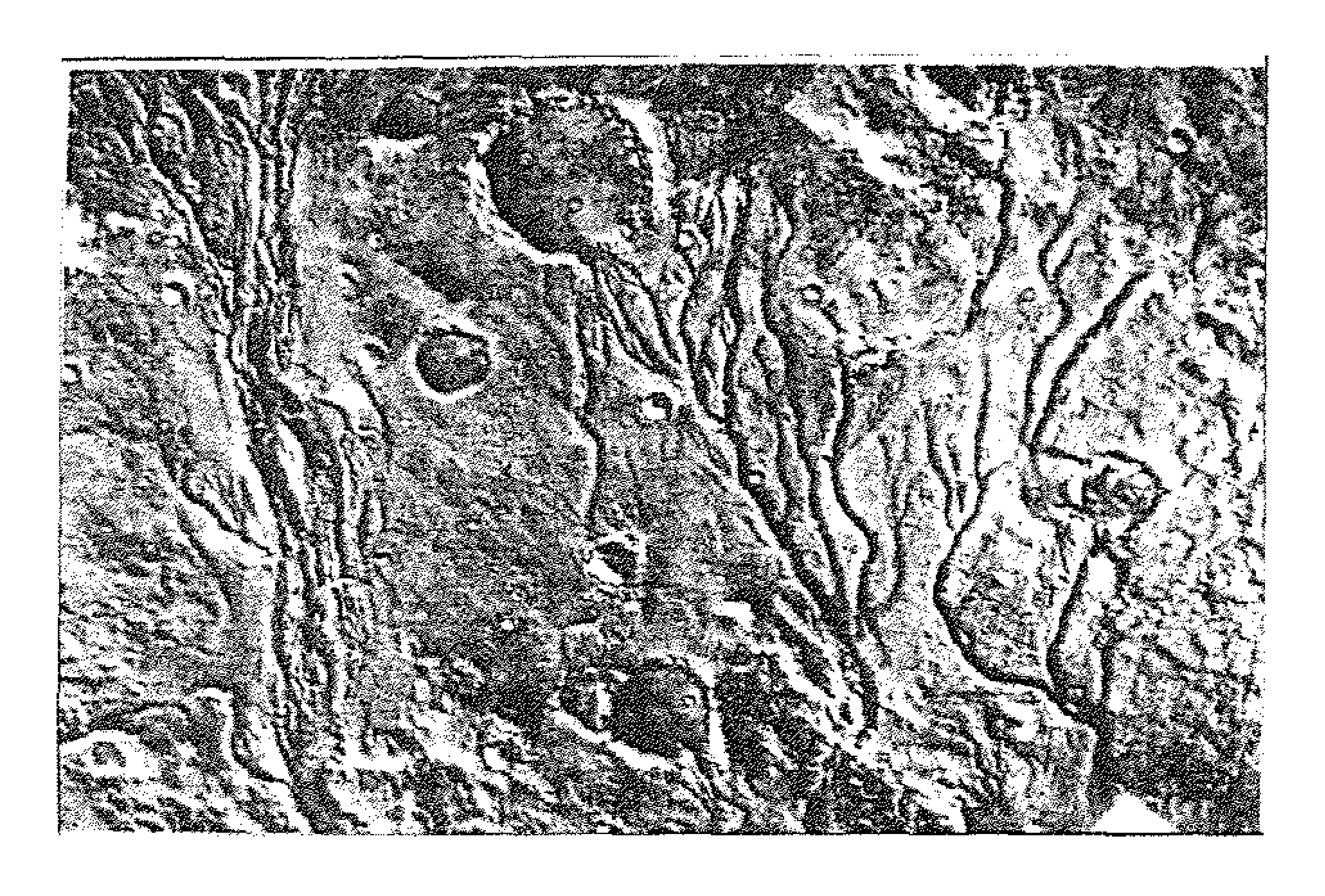
من المرجح أن غلاف المريخ الجوى قد تكون مبكرا . ولكن لقربه من المشترى فقد تكرر ارتطام الكويكبات به وهى تضرب فى الفضاء، تلك الكويكبات التى مافتئ المشترى يقذف بها فيما حوله. وهكذا ربما تلاشى سريعا أى غلاف جوى كان قد تكون، ولم يسعف جرم المريخ الصغير فى تجنب ذلك، إذ لاقى صعوبة فى الاحتفاظ بأى غازات تخلفت. على أية حال، ليست هذه هى كل القصة، ففى المناطق العتيقة من القشرة اليابسة، وبين الفوهات العديدة التى تشير إلى عمرها المديد، هناك بعض الوديان التى تبدو إلى حد ما شبيهة بأودية الأنهار على سطح الأرض (ولكنها ليست بالقنوات التى تخيلها لوويل) (انظر شكل ٢٦).

فهل يا ترى هطلت الأمطار على المريخ فى العصور السحيقة؟ ونظرا لحتمية وجود الماء لتظهر الحياة (على النحو الذى نعهده) فقد أثارت هذه القضية اهتماماً وفضولا. فأيا كان مصدره، لا يمكن للماء فى صورة حرة أن يتواجد حاليا على المريخ. فأغلب الماء فى المريخ محتبس تحت السطح فى شكل جمد (طبقة ذات طبيعة جليدية). والحل المعتاد هو أن نلجأ إلى التفكير فى وجود نوع من الاحتباس الحرارى فى هذا الزمن المبكر، من شأنه أن يؤمن مناخا أدفأ ويوفر جوا أكثر كثافة، بحيث يهبط المطر ويخط تلك الأودية. ربما ارتفعت درجة الحرارة بفعل كميات كبيرة من ثانى أكسيد الكربون بالجو. وهذه الفكرة الجذابة عن مناخ دفيء ومطير على المريخ قديما، بحيث يتشابه ولو يسيرا مع جو الأرض، قد واجهت اعتراضات جوهرية. فسحب ثانى أكسيد الكربون المتجمد البيضاء ستعكس مقدارا هائلا من أشعة الشمس الساقطة، مما يجعل درجة الحرارة على السطح لا تتجاوز نقطة التجمد، بل إن المشكلة الأدهى هى أن الشمس كانت-فى ذلك الزمن الباكر - أقل سطوعا (وهى مشكلة (الشمس الخافتة الباكرة) التى سأتكلم عنها لاحقا).

إذن، ما الذى شق تلك الأودية؟ هناك اتفاق عام على أنها وديان أنهار، مختلفة عن الجداول الصغيرة على القمر والتى كانت مجارى لحمم. ربما احتبس الماء قديما فى القشرة اليابسة المبكرة، مثل الطبقة الجليدية المحبوسة تحت السطح، حيث يمكن لحرارة النشاط البركانى أن تصهرها .وعندما تسرب الماء للخارج فإنه شق الأودية عن طريق عملية النزغ المائى(*) **headwater sapping** وهى عملية شائعة على الأرض حيث تشكلت أودية مشابهة من خلال الماء الذى يتسرب فى هيئة ينابيع وينحت فى الصخور من أسفل. ولرءوس الأودية بالمريخ شكل دائرى يبلغ الكيلومتر اتساعا . والسطوح فيما بين الأودية ناعمة مصقولة لم تتعرض للتحات.

وكلا الملمحين يميل إلى التأكيد على أن أصل الأودية يرجع لعملية النزغ المائى أكثر من احتمال إرجاع السبب إلى التحات بسبب هطول الأمطار. ويمكن للتيارات أن تجرى لبرهة ما قبل أن تتجمد حتى فى ظروف الغلاف الجوى الرقيق. ومن ثم فربما لم يمر على المريخ على الإطلاق مناخ مشابه لمناخ الأرض، وإنما كان دوما تلك الصحارى الباردة.

(*) النزغ المائى هو عملية التحات والتآكل بتأثير استدامة تساقط المياه. (المترجم)



شكل (٢٦)

مـجرى مـائى صـغـيـر على المريخ، يرجح أنـه تكون من النزغ المائى من تحت السطح وليس من سـقـوط أمطـار. وهذا الذى نطلق عليـه شـبكة من الوديان يقع فى أرض النصف الجنوبى من سـطح المريخ التى تكثر بها الحفر. ويقع اتجاه الشمال فى الجزء الأسفل يسار الصورة، ويبلغ عرض المنظر على الطبيعة ٢٠٠ كيلومتر (رحلة فايكنج التابعة لناسا – صورة رقم ٩ .A 63.



شكل (٢٧)

الدليل على حدوث فيضان كارثى على المريخ. انطلق الماء المحتبس بفعل إما نشاط بركانى أو ارتطام بنيزك، متخذا شكل جمد (طبقة جليدية). لقد فاض الماء وخلف أرضية منهارة عرضها حوالى ٤٠ كيلومترا. وحفر الماء مجارى له يصل عرضها إلى ٢٠ كيلومترا تبدو على يمين الصورة. لقد جاوز حجم هذا الفيضان بأضعاف مضاعفة حجم نهر الأمازون المعروف لنا (وكالة ناسا- صورة رقم S ٧٦ - ٢٧٧٧٦).

٣-٥-٧ الفيضانات الكارثية:

على أية حال، فقد فاض الماء عبر السطح (في غزارة تجعل من نهر الميسيسبى بالقياس إليه مجرد جدول ضئيل). وأكثر الدلائل الدرامية على سطح المريخ هو وجود مجار ضخمة (انظر شكل ٢٧). ولقد تم رصدها بالصور من مركبات فضائية (ولا علاقة لها بقنوات لوويل المائية التى قال بها فى القرن التاسع عشر). وتمتد هذه المجارى الهائلة لمئات الكيلومترات، ولجدرانها شكل انسيابى. وفى أواسط المجارى هناك مناطق تشبه الجزر (لها هيئة قطرات دموع كبيرة) ولا يمكن أن تشق مثل هذه المجارى، إلا فيضانات هائلة، على نحو ربما كان بمقدور النبى نوح عليه السلام أن يتعرف عليه.

ويلوح أن مواقع المجارى تبدأ فجأة فى وسط الأراضى البركانية. والأرجح أن الحرارة البركانية أو ارتطامات النيازك، صهرت بصورة فجائية كثيرا من الثلج الجوفى. فاندفع الماء فى هيئة فيضان جارف يتجاوز فى حجمه -بعدة مرات- نهر الأمازون على كوكب الأرض.

ولدينا دلالة أخرى على أن الماء المحتبس فى صورة طبقة جليدية، يوجد تحت السطح. فالفوهات التى تكونت من جراء ارتطامات النيازك محاطة بصفائح من الحطام الذى تناثر. وعلى النقيض من كسارة الجلاميد التى تحيط الفوهات بالقمر، فالفوهات

على سطح المريخ تبدو فى صورة نصف ذائبة، مثل رذاذ ناجم عن حصاة ألقيت فى أرض طينية.

ويفترض أن الحرارة المتولدة من عملية الارتطام قد صهرت هذا الثلج الجوفى، فانبثق خليط طينى من الصخور والمياه.

٣-٥-٨ ناج بقى على قيد الحياة:

إن المريخ هو الناجى الذى بقى على قيد الحياة. ففى مرحلة تشكله، كان بمثابة شخص فقير ينحدر إلى حالة أكثر فقرا بالقياس لجيرانه المحيطين به. لقد أعيق المريخ عن استمرار نموه، واضطر إلى الاستفادة من كل ما تيسر له من فتات خلفه المشترى.

ولكن الموقف فى ذلك الموضع من الفضاء كان يفضل قليلا الموقف لدى نطاق الكويكبات. فهناك لم يكن قد تبقى إلا نحو الواحد فى الألف من المادة الأصلية الموجودة بالسديم الشمسى. أما البقية فقد طرح بها الجار المارد بعيدا. على أن المريخ نجا على نحو أفضل قليلا، وانتهى به الأمر إلى أن حظى بكتلة لا تزيد إلا قليلا عن عُشر كتلة الأرض.

لقد تكونت أجرام أخرى فى المنظومة الشمسية الداخلية، ذات حجم يشابه حجم المريخ، ولكن لم تكتب لها الحياة، فقد اكتسحتها الزهرة أو الأرض. وقد زودنا الاصطدام بأحد هذه الأجرام، بالقمر. الذى سنعرف المزيد عنه فيما بعد.

الباب الرابع

التوأمان

الزهرة والأرض متقاربان حجما وتركيبا. ولكن.. هل يعنى هذا أنهما متشابهان؟ سأبحث فيما يلى الفروق التى نشأت حين حاولت الطبيعة أن (تلد) توأما فى المنظومة الشمسية.

٤-١ الزهرة

٤-١-١ نجمة المساء:

حين يشرق كوكب الزهرة صباحا، أو حين يأفل فى السماء مع المساء، فإنه يكون أشد الأجرام لمعانا (بعد الشمس والقمر طبعا). لقد فتنت تلك اللؤلؤة المتألقة فى السماء الناس منذ القدم. ولأنها بمثابة التوأم لأرضنا، فطالما أثارت اهتمامنا وفضولنا باعتبارها الكوكب الوحيد المشابه فى المنظومة الشمسية.

وحينما كشف النقاب عن وجود غلاف جوى للزهرة، سرعان ما سبح الخيال بالناس إلى أنها نسخة أخرى من الأرض وإن كانت أكثر سخونة، وما لبثوا أن نسبوا إليها اكتظاظها بالغابات الاستوائية، والمستنقعات التى تعج بالوحوش المتنوعة. وكانت المخلوقات الشبيهة بالديناصورات هى الصورة الأثيرة لدى كتاب روايات الخيال

العلمى، كما مثلت المستنقعات والترسبات على كوكب الأرض التى تحولت فيما بعد إلى فحم إبان العصر الكربونى نموذجا آخر كلفت به تخيلات العقول الجامحة، بكل ما تصورته من تنانين طائرة هائلة الحجم إلى الأشجار الغريبة. ولقد توافقت هذه الخيالات عن نسخة استوائية من الأرض مع كون الزهرة أقرب منها إلى الشمس.

٤-١-٢ دكتور جيكل ومستر هايد(*):

ينقص نصف قطر كوكب الزهرة قليلا عن نصف قطر الأرض، ولكن لها ذات الكثافة إذا ما تجاوزنا عن فرق طفيف بين حجميهما. وبالتالى فما من فرق حقيقى بينهما فى تركيبهما الإجمالى. إلا أن هذا الفرق الضئيل فى الحجم يتحول ليصبح واحداً من العوامل المصيرية فى التسبب فى الفروق بين الأرض والزهرة. ففى تناقض مع آمال مؤلفى روايات الخيال العلمى لا تبدو الزهرة شبيهة بالأرض إلا بقدر ما يتشابه السيد هايد الشرير، مع "دكتور جيكل" السمح فى رواية روبرت لويس ستيفنسون (١٨٥٠-١٨٩٤).

لقد اعتقد الراصدون الأوائل إما أن الكوكب يدور حول نفسه بسرعة تقارب سرعة الأرض البالغة ٢٤ ساعة لكل دورة أو أن هذه الدورة ربما تستغرق شهرا. على أية حال، فعندما اخترق الرادار غلاف السحب الكثيفة حول الزهرة فى ستينيات القرن العشرين، أميط اللثام عن أنها تدور فى بطء بالغ وفى اتجاه معاكس. وكحالة فريدة بين الكواكب فإنها تستغرق ٢٤٣ يوما لإتمام دورة واحدة (حول نفسها)، على حين أن الغلاف الجوى للزهرة يتم الدورة فى أربعة أيام. ولما كانت الزهرة تدور حول الشمس

(*) بطل هذه القصة رجل يظهر بشخصيتين متناقضتين إحداهما شريرة للغاية والأخرى شديدة الطيبة، وقد استعار المؤلف هذه الفكرة هنا للمقارنة بين جو الأرض المواتى لسكنى البشر وجو الزهرة الجهنمى. (المترجم)

مرة كل ٢٢٥ يوما، فمعنى هذا أن اليوم عليها أطول من العام! وخلافا للأرض، ليس للزهرة تابع أو قمر. وأغلب جو الكوكب مكون من ثانى أكسيد الكربون، وهو أكثف من جونا نحن بخمسين مرة، ويبلغ الضغط الجوى هناك تسعين ضغطا جويا أرضيا. ولا توجد سوى آثار طفيفة من بخار الماء فى هذا الغلاف الجوى، ولا يوجد بالطبع أى أثر للماء على سطح الكوكب حيث تبلغ درجة الحرارة ٤٧٧ مئوية (٧٥٠ درجة على مقياس كلفن)، وهى ضعف درجة الحرارة فى مواقد مطابخنا، درجة حرارة كفيلة بصهر معدن الرصاص. أما مسألة احتمال وجود الماء محصورا فى أعماق تربة الكوكب فمازالت مطروحة قيد البحث.

ومن الجائز أن يكون الكوكب جافا تماما. وحتى نستكمل هذه السلسلة من الاختلافات نذكر أن ليس للزهرة أى مجال مغناطيسى محسوس. وسيجد "الملاح" المبحر هناك صعوبة فى تلمس سبيله، حيث تتعذر رؤية النجوم من خلال جو الكوكب الكثيف.

ومن هنا كانت تلك المفارقة الساخرة: فقد تجلى سطح الزهرة فى وضوح مذهل من خلال الرادار على متن مركبة الفضاء "ماجلان" (المسماة باسم هذا المستكشف المرموق) على حين بعثت المشاهد الطبيعية التى بينتها المركبة فينا شعورا بالإحباط لاختلافها عما فى الأرض.

إن النماذج الطريفة التى توصل لها العلماء -بعد جهد جهيد وتمحيص دءوب- عن التطور الجيولوجى لطبقات الأرض، غير ذات جدوى بالنسبة للزهرة، ويتعين علينا أن نعيد الكرة من جديد.. وهو أمر أصبحنا معتادين عليه فى كل ما يخص دراساتنا للمجموعة الشمسية. فكلما تم استكشاف كوكب أو قمر تابع جديد، كلما ألفينا اختلافا عما نعهده فى معارفنا التى اكتسبناها بدراستنا المسهبة لكوكبنا نحن.

والقشرة الخارجية للأرض تنقسم إلى قشرة قارية سميكة ذات كثافة منخفضة، وقشرة رقيقة عالية الكثافة من البازلت تبطن قيعان المحيطات. وشأنها شأن خباز ليس بمقدوره أن يصنع إلا رغيفا واحدا اكتفت الزهرة بإنتاج قشرة واحدة من البازلت تمتد على نحو رتيب متكرر. ومن ثم فإن هناك فروقا ثانوية بين الكوكبين مع ما يلاحظه المرء من تماثل كثافتيهما وحجميهما.

ولكن.. ما أسباب هذه الفروق؟ الأرجح أن كثيرا منها وليد الصدفة. ربما لم يرتطم جرم كبير بكوكب الزهرة، ولهذا يعود السبب فى دورانها الوئيد حول نفسها، وربما لنفس السبب لا نرى لها أية أقمار تابعة، فلم يصطدم شىء بالكوكب بزاوية ملائمة بحيث ينفصل منه جزء يغدو تابعا أو قمرا له. وقد استدام وجود الغلاف الجوى الكثيف لأنه ما من جرم كبير كبرا كافيا ضرب الكوكب لينزح هذا الجو.

ويفسر ذلك أيضا ارتفاع درجة الحرارة على السطح. ويستدعى التماثل فى الكثافة مع الأرض، ووجود الحمم البازلتية الواضحة، تشابه التركيب الداخلى بينهما من حيث تكونه من قلب معدنى يحوطه غلاف صخرى. ويلوح أن افتقاد المجال المغناطيسى يرجع إلى الصغر النسبى فى حجم الزهرة. ففيما يبدو أن تجمد باطن الأرض هو ما يُعتقد أنه قد ولد تلك الفاعلية النشطة التى أفرزت مجال الأرض المغناطيسى، على حين ينخفض الضغط فى أعماق باطن كوكب الزهرة، بحيث يقل قليلا عما يكفى لتكوين قلب صلب متجمد. ومن ثم، فعلى الرغم من المشابهة بين الزهرة والأرض فى الحجم والكثافة الظاهرية، فقد سلكا فى التطور سبيلين جد مختلفين. فهما ليسا كوكبين توأمين. والاختلاف الطفيف فى حجم الكواكب قد يفضى إلى الاختلافات الجسيمة فيما بينها.

٤-١-٣ كوكب ذو طبقة واحدة:

يلتحف سطح الأرض بأكثر من اثنتى عشرة طبقة تزاحم كل منها الأخرى. أما الزهرة – على النقيض من ذلك – فكوكب ذو طبقة سطح مفردة. ولو أزيل الماء والطبقة الغرينية الخارجية الرقيقة من قيعان محيطاتنا لبدت قيعانها المكسوة بالبازلت شبيهة نوعا ما بسطح كوكب الزهرة.

ومهما يكن الأمر، فمن الواضح وجود العديد من الاختلافات الجوهرية ما بين سطح الزهرة، وقيعان محيطاتنا المغطاة بمادة الحمم البركانية. فلا مثيل على الزهرة لتلك النتوءات الهائلة الممتدة والتى نجدها فى وسط قيعان محيطاتنا على الأرض، والتى تبرز فيها الحمم البركانية المنبثقة حديثا إلى السطح، مكونة تلك الامتدادات لقيعان المحيطات.

ورغم تواجد زحزحات موضعية يسيرة فى الاتجاه العرضى على سطح الزهرة، فلا يوجد ذلك الامتداد المترامى الهائل الذى يميز القشرة الخارجية لقيعان محيطات الأرض، كما لا توجد أية علامات على سطح الزهرة على وجود أخاديد كتلك التى توجد بقشرة قيعان محيطاتنا، وهى المواضع التى تنقبض وتتقلص عندها قشرة القاع هابطة إلى أسفل ويعاد تدويرها لتصبح جزءًا من الطبقة الخارجية. أما فى الزهرة فلا مكان للحمم كى تذهب إليه، فقد خنقت الزهرة نفسها بقشرة سميكة من الحمم سبق أن صبتها على السطح حيث تجمدت.

وعلى خلاف الأرض، فالصخور الجافة تماما -كأنها العظام- على سطح الزهرة صلدة وقاسية للغاية، ولها انحدارات وميول هائلة يمكنها أن تحتفظ بها لملايين الأعوام، إن الجبال الرواسى على الأرض تطفو -كما جبال الجليد- مدعمة بجذور عميقة تثبتها. أما على الزهرة فالجبال مستقرة على السطح فحسب دونما أوتاد. والسطح الصلد كفيل بصيانتها -وكأنه أطلس البطل الأسطورى. الذى حمل الأرض

برمتها فوق كتفيه لا يؤوده حفظها - وبعض الجبال على سطح الزهرة يضارع ارتفاعها جبال الأرض، وسلسلة جبالها البركانية "بيتاريجيو" Beta Regio تبلغ زهاء العشرة كيلومترات ارتفاعا، وسلسلة الجبال الرئيسية ماكسويل مونتيس "Maxwell Montes" ترتفع لأحد عشر كيلومترا عن السهول المنخفضة التى تغطى أغلب سطح الزهرة.

وهذه المناطق الشاهقة التى قد نخطىء فى اعتبارها قارات، هى قشرة مجعدة من البازلت البركانى، ويبدو أن صلادة القشرة السطحية للزهرة علتها غياب الماء. فمثلها مثل الحيوان المدرع(*) "armadillo"درعت الزهرة نفسها داخل غطاء جاف صلد من البازلت.

ورغم أن الزهرة كان لديها حتما فيما سلف مخزون من الحرارة شبيه بما كان لدى الأرض، فيلوح أنها قد فرطت فيه وبددته فيما لا ينفع. وفى تناقض صارخ، فقد حافظت الأرض على رصيدها من الطاقة واقتصدت فى إنفاقها، بإعادة تدوير القشرة الخارجية تحت المحيطات وإدخالها فى طبقة الدثار mantle، فهى تستعمل هذه العملية طيلة الوقت لتكوين القشرة الخارجية للقارات تلك التى تفيدنا فائدة جمة.

٤-١-٤ قشرة السطح فى كوكب الزهرة:

على جميع الأحوال، يمكن استشفاف بعض التاريخ من أديم الزهرة (ونحن دائما ما نتخذ من الرطانة واللغو دفاعا لنا إذا ما جبهنا أمر جديد، وإضفاء الأسماء على الأشياء غالبا ما يستعمل كبديل لشرح ما يستشكل علينا).

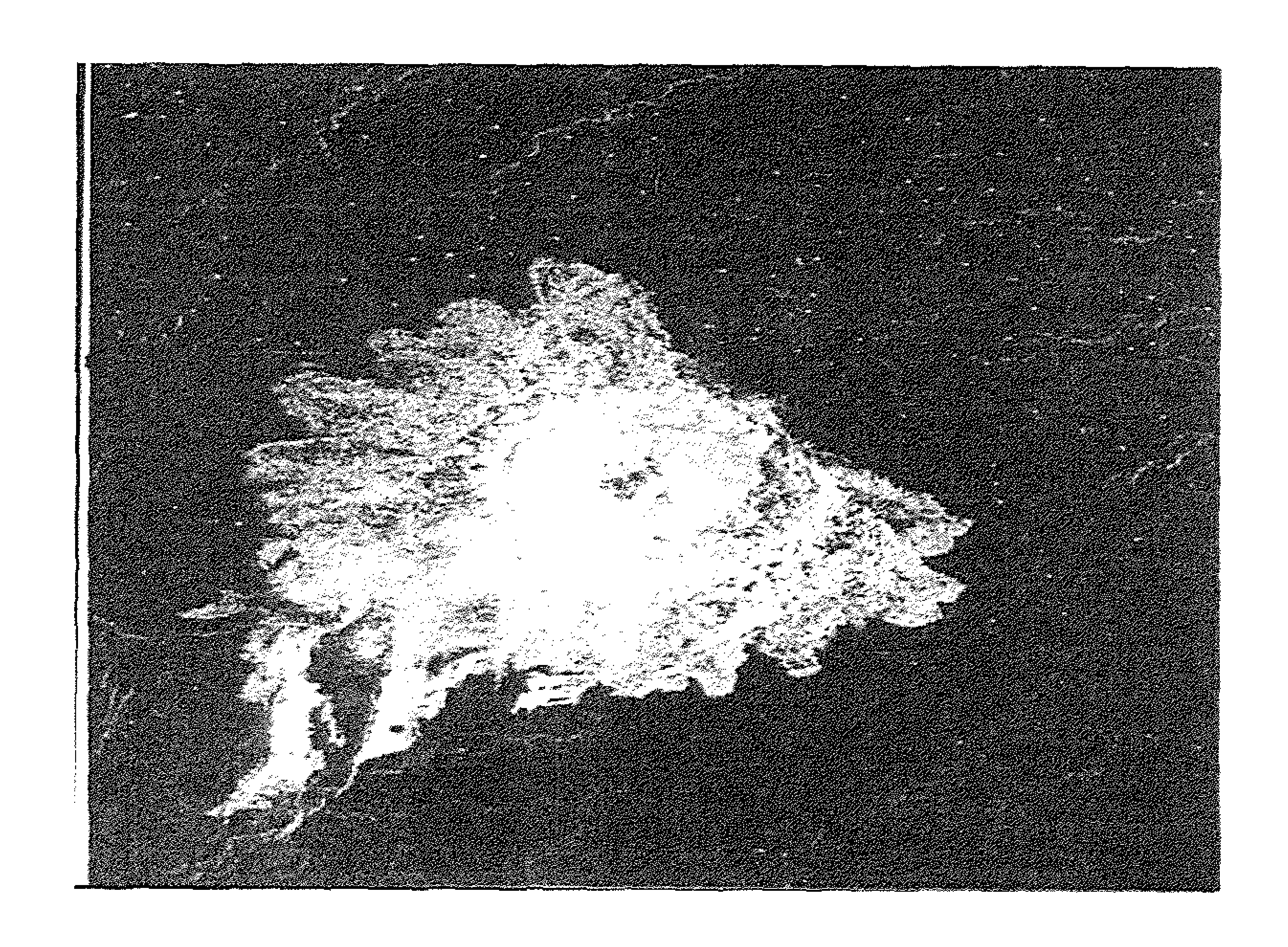
(*) الحيوان المدرع (الأرماديلو armadillo): حيوان ثديى ذو صفائح معدنية تغطى جسمه، موطنه الأصلى جنوب أمريكا الشمالية، وأمريكا الجنوبية. (المترجم)

وإننى لأعتذر عن إقحام بعض المصطلحات الجليبة من خارج الموضوع، إلا أنها قد تعين أى شخص يرغب حقا فى التنقيب المتمعن فيما تكشف لنا من تاريخ توأم كوكبنا. فهناك على سطحه ثلاث مناطق رئيسية: أقدمها هو ذلك الجزء المجعد من الأديم والذى يطلق عليه التيسيرا أو الفسيفساء "tesserae". أما معظم السطح فمغطى بسهول منحدرة غير ذات ملامح من الحمم البازلتية يتراوح متوسط عمرها ما بين ٣٠٠، ٥٠٠ مليون سنة، فهى "أصبى" قليلا من التيسيرا. وأصغر ملامح السطح عمرا هى البراكين وبعض التكوينات ذات الشكل الدائرى التى يبلغ قطرها بضعة مئات من الكيلومترات، إذ تم التعرف على نحو خمسين ألف منها. وهى قابعة على السطح تدعمها قشرة سطحية سميكة. وهناك بعض تضاريس ذات شكل شبيه بهيئة "الكعكة" الصغيرة، تمتد لنحو العشرين كيلومترا عرضا، يبدو أنها مكونة من مواد ذات طبيعة أكثر لزوجة امتدت - فيما يشبه دبس السكر treacle - للخارج، ربما تشبه قباب الحمم اللزجة على سطح الأرض، وعادة ما يكون لها تركيب جرانيتى.

"والكعكات" على كوكب الزهرة معزولة، ولا ينبغى الخلط بينها وبين المساحات العريضة الجرانيتية المألوفة لنا فى قاراتنا. فتكوّن التكتلات الجرانيتية الضخمة، كتلك التى نشاهدها على سطوح قاراتنا لا تحدث على الزهرة، وهذه الصخور المألوفة لنا كمواد نشيد منها المبانى فى المدن، ونستخدمها فى رصف الطرق قد لا تكون شائعة أو منتشرة فى سائر أجزاء المنظومة الشمسية.

٤-١-٥ فوهات براكين حديثة على الزهرة:

إن الفوهات التى أحدثتها اصطدامات النيازك بسطح الزهرة، حديثة العمر بشكل يبعث على الدهشة (انظر شكل ٢٨)، ونادرا ما تغطيها مجارى الحمم أو تتداخل معها. ولم تُرصد أية فوهات ذات قطر يقل عن خمسة كيلومترات على الزهرة، كذلك يصعب العثور على أية فوهات أقل من ثلاثين كيلومترا قطرا.



(شكل ٢٨)

فتحة على كوكب الزهرة نجمت من اصطدام حديث، بينه رادار ماجلان من خلال جو الكوكب الكثيف. وتبلغ هذه الفتحة المسماة أوريليا Aurelia اثنين وثلاثين كيلومترا عرضا. وقد انحفرت عندما رشق كويكب ما يبلغ قطره بضعة كيلومترات سهلا بازلتيا قاحلا، ظهر في الصورة كمساحة داكنة ناعمة تحيط بالفتحة (الصورة رقم ٣٧١٢٨ من رادار ماجلان - وكالة ناسا).

ويعود الفضل في هذا إلى جو الزهرة الكثيف، فالنيازك الصغيرة تنفجر أو تحترق من جراء الاحتكاك فيما يمرق الجرم خلال السحب الكثيفة. أما جونا الذى لا تزيد كثافته عن ٢٪ من تلك الكثافة، فيمثل لنا درعا أضعف من ذلك بكثير. ومهما يكن الأمر فإنه يقينا شر الشظايا والقطع الصغيرة، تلك التى نسميها "النجوم المتهاوية" حين نشاهدها فى الليالى الصافية فى الريف الهادىء.

وعندما يرتطم نيزك أو مذنب ما بالسطح، فإن حطاما يتناثر بفعل الانفجار ويحيط – كالبطانية – بالفوهة. ويعكس الفوهات على سطح الكواكب الأخرى، غالبا ما يتوارى قطاع من هذه البطانية من الفوهات على الزهرة.

وتنجم هذه الثغرة عندما تدخل قطع الأنقاض المتناثرة بفعل الانفجار في غمار هذه الاضطرابات – ضمن الغلاف الجوى المتولد من جراء النيزك أو الكويكب المقتحم. وتتبعثر الصخور المنبوذة خارجا. وهناك بالمثل الكثير من البقع أو اللطخ الداكنة الصقيلة التى يمتد طولها لعدة كيلومترات. ومن الجلى أنها نتجت عن موجات صدمية تلفح السطح وتنحته، وهذه الموجات بدورها ناجمة عن النيازك بالغة الصغر التى تتخلل السطح والتى تنفجر عاليا فى الجو. ولقد مرت الأرض بمثل هذه التجربة فى عام ١٩٠٨، عندما انفجر نيزك يصل عرضه إلى ستين مترا على ارتفاع خمسة كيلومترات فوق نهر "تونجوسكا" بسيبريا. فقد ضرب تياره اللافح الغابات لمسافة ثلاثين كيلومترا.

وتشيع الفوهات المتعددة الفتحات بالزهرة، وتنجم حينما ينفجر المقذوف الوافد فى الجو إلى قطع كثيرة. وفى تناقض مذهل مع فوهات القمر، لا نجد منظومة التشععات البديعة المتناثرة. ويعود السبب مرة أخرى إلى الجو الكثيف الذى يوقف رذاذ الحبيبات الدقيقة الناجمة عن التصادم.

٤-١-٦ الوجه اليافع لربة الحب:

يبدو أن وصف وجه الكوكب المسمى باسم ربة الحب باليافع جاء فى مكانه الصحيح ويمكن التوصل إلى عمر سطح الزهرة من عدد الفوهات التى تكونت عليه على مر الزمان. فنحن نعلم معدل الارتطامات من دراستنا للفوهات على سطح القمر.

وتأسيسا على ذلك يبدو سطح الزهرة إلى حد ما أصغر عمرا، وهو اكتشاف فى غاية الغرابة. فنحن بالنسبة لكوكب الأرض، نفتقد فقط أول ١٠٪ من تاريخه، إذ لا نجد ما يدل عليه مما يمكن أن نستقيه من سجلات الصخور. أما على الزهرة فلا سجلات صخرية تنبئنا بما عساه قد حدث فى أول ٢٥٪ من تاريخها، فلا أسطح قديمة تغطيها الفوهات كتلك التى نشاهدها على المريخ وعطارد والقمر. ويبلغ عمر السطح الراهن للزهرة ما بين ثلاثمائة وخمسمائة مليون عام، ومما يبعث على الفضول ما يبدو من أنه لم يحدث شىء ذو بال منذ ذلك التاريخ، فالتسعمائة والخمسون فوهة التى تكونت على سطح الزهرة عبر هذه الفترة لم تتعرض فى معظمها لعوامل التعرية أو للتحاتّ. لقد تميزت فترة العصر الكامبرى على الأرض -قبل خمسمائة مليون عام- بظهور أول الحيوانات ذات الغطاء الصلد hard -shell. ومنذ ذلك الوقت حصلت تطورات هائلة. أما تاريخ الزهرة فجد مختلف، فقبل مئات قليلة من ملايين السنين كان سطحها مكسواً بكميات وفيرة من الحمم مما قذفه باطنها، وقد استفرغ هذا الإسراف جهد النشاط الجيولوجى على كوكب الزهرة فيما يبدو، فلم يمكنها من إفراز المزيد منذ ذلك التاريخ، اللهم إلا الوشل اليسير من الحمم.

أما أكثر الجوانب لفتا للانتباه فى فوهات الزهرة، فهو وجود تسعمائة وخمسين منها على السطح الذى لا يتجاوز عمره بضعة مئات الملايين من السنين. ويعنى ذلك أن ارتطاما يحدث فوهة كبيرة مرة كل نصف مليون عام. والزهرة مشابهة للأرض حجما وموضعا، مما يعنى أن الأرض تصلح - هى الأخرى - هدفا مماثلا لمثل تلك المقذوفات. ويزودنا هذا بمعلومة تثير الانزعاج، من أن فوهة كبيرة ناجمة عن اصطدام لا بد وأن تكون قد تكونت على سطح الأرض كل نصف مليون عام تقريبا، ولكن أغلب هذه الآثار قد أزالتها عوامل التعرية على سطح كوكبنا.

ويزيد قطر أربعة من الفوهات التى شوهدت على الزهرة على ١٣٠ كيلومترا، وأكبرها هى "ميد" "Mead" المسماة باسم عالمة الأنثروبولوجيا (علم دراسة أصل

الإنسان) مارجريت (١٩٠١-١٩٧٨). ويبلغ قطر هذه الفوهة ٢٦٩ كيلومترا. والفوهات عبارة عن أحواض بشكل حلقات من ذلك النوع الذى عثر عليه مطمورا تحت الترسبات فى "تشيكسولوب Chicxulub" بشبه جزيرة يوكاتانا بالمكسيك. واصطدام كهذا كان هو المسئول عن انقراض الديناصورات وغيرها.

٤-١-٧ هل هناك مياه بكوكب الزهرة؟

تتجاوز درجة الحرارة على سطح الكوكب بكثير جدا نقطة غليان الماء، إلا أن الغلاف الجوى يحتوى على آثار ضئيلة من بخار الماء. ترى.. هل كان لدى الزهرة - يوما ما- المزيد من المياه؟ هل تواجدت عليها - فى الزمن الباكر - محيطات؟ وانطلاقا من العرف السائد من اعتبار الأرض والزهرة بمثابة التوأمين، فمن الطبيعى أن نفكر فى كوكب زهرة مبكر وقد غمره محيط لم يلبث أن تلاشى نتيجة السخونة الزائدة بفعل ظاهرة تأثير الصوبة Greenhouse effect أى الاحتباس الحرارى.

وهذا نوع من جرس إنذار بأن موقفا مماثلا قد ينشأ على كوكب الأرض إذا ما أفرطنا فى إطلاق ثانى أكسيد الكربون بجونا بالإسراف فى إحراق أنواع الوقود الأحفورية (التقليدية). فبالعودة إلى العصر الطباشيرى، فى ذلك الوقت الذى كانت الديناصورات تجوب الأرض، كان بجوها ثلاثة أضعاف ما يحتويه الآن من ثانى أكسيد الكربون.

لقد كان المناخ آنذاك أكثر بهجة مما يمر بنا الآن من فترة عدم استقرار فيما بين دورتين جليديتين(*)، رغم أننا بحكم تعودنا عليها، نعدها هى النمط الطبيعى.

(*) فترة قصيرة نسبيا من الدفء تتخلل حقبة طويلة من التجمد. (المترجم)

وطبقا لحدسى أنا الشخصى، لم يتجمع على الزهرة على الإطلاق الكثير من الماء منذ البداية. وافتقاد سطح الزهرة إلى المياه بسبب الاحتباس الحرارى لا يفسر لماذا كان الكوكب تام الجفاف بهذه الصورة. فمن الصعوبة بمكان أن تزيل قطرات تمثل آخر نسبة مئوية من المياه، حتى من سطح ساخن سخونة كوكب الزهرة، أساسًا بسبب وجود مصيدة من الجو البارد cold trap(*) فى أعالى الجو، من شأنها أن تكثف بخار الماء لدى انخفاض درجة الحرارة. ولقد طُرح اقتراح بأن بعضا من الماء ربما احتبس فى طبقة الدثار لو حدث نوع من عملية تكتونية صفائحية، وهو ما يستبعد احتمال حدوثه على الزهرة.

إن مشكلة تحديد كمية المياه التى وجدت على كوكب الزهرة فى البداية -لو كان ثمة مياه أصلا- وما الذى حدث لها.. تبقى حتى الآن دون حل.

٤-١-٨ أهى قريب حميم للأرض:

مما يلتفت النظر حقا، التمعن فى الاختلافات بين هذين الكوكبين اللذين يبدوان كتوأمين: الأرض والزهرة. فالفروق الظاهرة فى جيولوجيا السطح، وغياب البنية التراكبية المكونة من طبقات فى حالة الزهرة واختلاف معدلات النشاط البركانى ربما يمكن نسبتها فى خاتمة المطاف إلى الفروق فى مقدار المياه بالكوكبين. وكل هذه الملامح نتيجة أحداث عشوائية، وليدة الصدفة إبان تكون الكواكب ومراحل تطورها. ولا يشجعنا هذا على أن نعد الكواكب الشبيهة بالأرض شائعة فى الكون. فبين كل كواكب المجموعة الشمسية والستين قمرا التابعين لها، لا يشبه جرم منها جرما آخر، ولا يدهشنا أنها كلها متباينة كأنما هى أعضاء من مجموعات كوكبية أخرى.

(*) بسبب انخفاض درجة الحرارة لدى الارتفاعات العالية فإن بخار الماء المتصاعد إليها يعود إلى التكثف ولا يمكنه الإفلات خارجها، فكأنها تقوم بدور المصيدة التى تحبس الماء وترده ثانية. (المترجم)

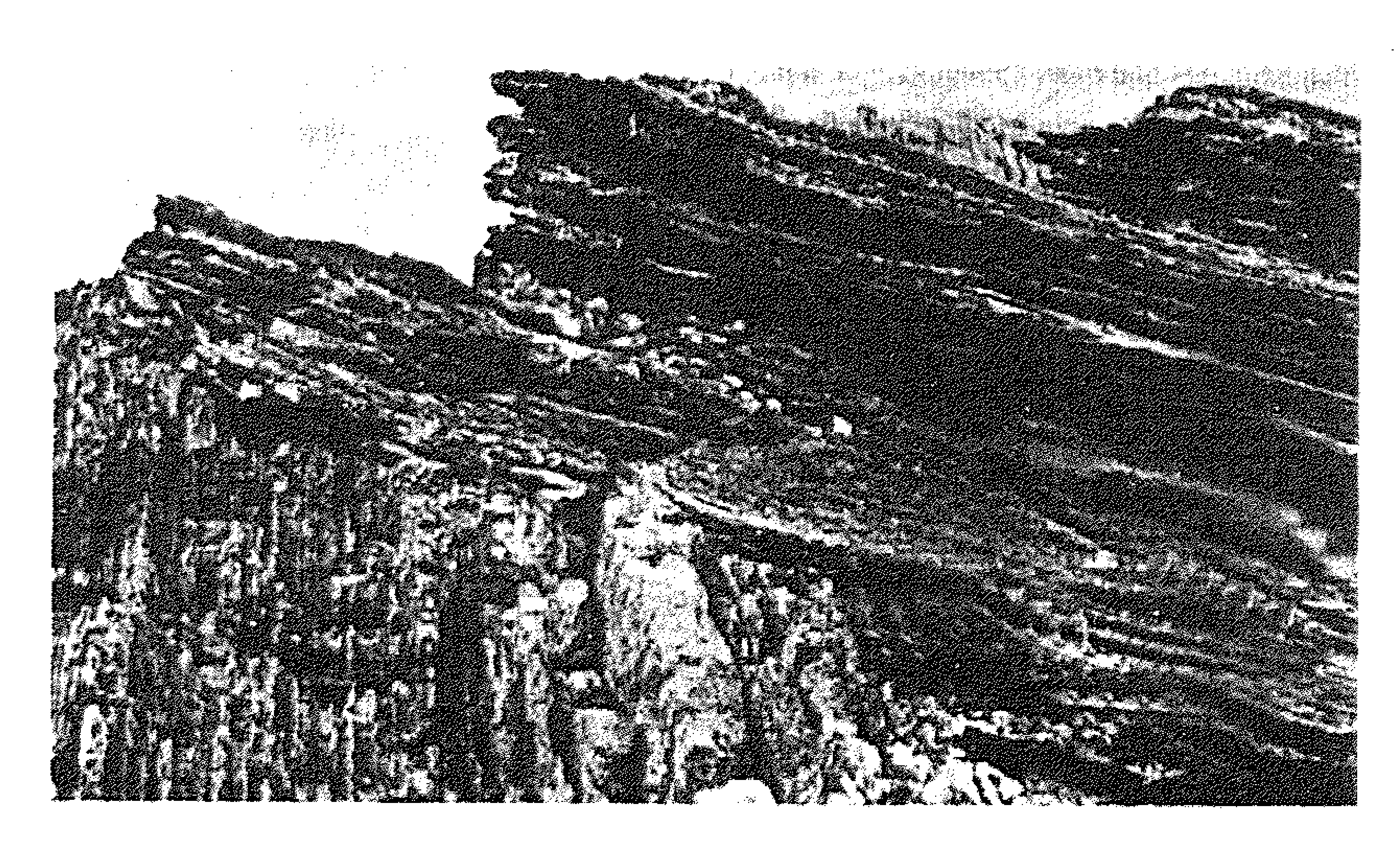
والرسالة التى علينا أن نعيها هى أن الأحداث العشوائية وليدة الصدفة قد لعبت دورا مصيريا فى نشأة المنظومة الشمسية وتطورها، وأن الكواكب الشبيهة بالأرض لا يحتمل تواجدها فى المنظومات الكوكبية الأخرى. إن الأرض هى الجديرة باعتبارها كوكبا استثنائيا.. لا الزهرة.

٤-٢ الأرض

٤-٢-١ جزيرة -نسيج وحدها:

تشبه مشكلة ظروف نشوء الأرض وتفسيرها، مشكلة نشأة المنظومة الشمسية وتطورها، فليس لدينا- فى كلتا الحالتين- سوى نموذج مفرد كى نقيس عليه.كيف يتسنى للمرء أن يستخلص قواعد عامة تقوم عليها المنظومة الشمسية من دراسة كوكب مفرد، يتبعه قمر وحيد؟ ويمثل تكون الفوهات من جراء الارتطامات بالكويكبات والمذنبات والنيازك مثلا جيدا للصعوبة التى تواجهنا -ونحن على الأرض- لنتبين مدى أهمية هذه العملية وتأثيرها على الكواكب، فقد استأصلت عوامل التعرية أغلب الدلائل عليها. ولم يتقبل خبراء الجيولوجيا المحترفون -إلا مؤخرا- فكرة احتمال ديمومة عملية انهمار هذه الأجرام. وخبرتنا فيما يختص بجيولوجيا القمر وكيمياء أرضيته (وقشرته الخارجية)، بما فيها من تمايز دقيق -وإن يكن جوهريا- عما اكتسبناه بالجهد الجهيد من خبرة فيما يخص الأرض، ينبغى أن يذكرنا أيضا بالخطر الكامن فى محاولة التعميم أو استقراء قواعد عامة بناء على ظروف الأرض الفريدة من نوعها. ولعل من الأفضل أن نذكر أنفسنا ببعض المناطق فى باطن أرضنا نحن والتى لا نعرف عنها إلا أقل القليل. فمن المفارقات الساخرة أن نكون أكثر إلمامًا بمكونات القمر وتاريخ تطوره من إلمامنا بنفس هذه الجوانب عن الأرض. كان الإسهام الفلسفى العظيم من خلال دراسة الأرض هو إرساء مبدأ تواصل الأحقاب الزمانية -واستمراريتها والذى تبدو ملامحه فى أى صورة جيولوجية تقريبا (انظر شكل ٢٩). إن الستة آلاف عام التى حسبها المطران أشر Ussher كعمر للكون قد حل محلها عمر للأرض يناهز ٤و٥ بليون

عام، وهذا الرقم بدوره هو مجرد جزء من عمر بقية الكون. فماذا عسى المرء أن يقول عن هذا الكوكب الفريد من نوعه حتى على مقياس المنظومة الشمسية! نحن نعرف تفاصيل جمة عن الأرض بحيث إن أية محاولة لتلخيص هذه المعارف تنطوى على خطورة الإخلال بها، وانحصار مجادلاتنا فى مستوى قاصر والهبوط بها إلى مجرد تكرار الحقائق البديهية التى نعيها جميعا. كما أنه من المفيد أن نذكر أنفسنا أن أكبر العقبات التى تعترض التقدم "ليس هو الجهل فى حد ذاته، ولكنه توهم المعرفة الزائف"[٢]. وأنا أركز هنا على المراحل المبكرة. فبمجرد أن أصف كيف تكونت الأرض، على أن أنحّى جانبا - وعلى مضض - بقية معارف الآخرين المدهشة[٣] عن تاريخ الأرض الجيولوجى، وأتخذ طريقى الذاتى الذى يمليه علىّ كتابى هذا.



شكل (٢٩)

تتجلى ديمومة (استمرارية) الأزمان الجيولوجية جيدا فى هذه الصورة التى تبين عدم التناسق أو الانسجام الشهير فى سيكار بوينت Siccar Point بالقرب من سانت آبس هيد على ساحل اسكتلندا الشرقى (شمال بيرويك - تويد).

فالصخور الممتدة على القمة من الحجر الرملي الأحمر القديم التى ارتفعت وأديرت بنحو وانفتلت ١٥ درجة والطبقة الرأسية تحتها كانت من قبل رمالا وأوحالا في مهود أفقية قبل أن ترفع وتدور وتسوى بتأثير التحاتّ. بعد ذلك تكونت قاعدة ترسبت فوقها رمال الحجر الرملي الأحمر القديم في الحقبة الديفونية (أو زمن الأسماك المدرعة كما اصطلح على تسميتها في اللغة الدارجة). وتنتمي الطبقة الرأسية إلى العصر السيلوري، وبذلك يسجل هذا النموذج الخاص مرور حوالى ٥٠ مليون سنة. ورغم أن هذه المدة بالغة الطول بالمقياس البشري فإنها لا تمثل سوى الواحد في المائة من الزمن الجيولوجي.

وفي عام ١٧٩٠ تقريبا كتب بلايفير (١٧٤٨-١٨١٩) لدى زيارته لهذه الصخور "لقد شعرنا بأنفسنا نعود القهقرى في الزمن حتى ذلك الوقت الذى كان الحجر الرملي بادئا في الترسب في هيئة رمال و أوحال من أمواه محيط ما . إنها حقبة موغلة في القدم تجلت أمامنا حينما كانت حتى أعتق الصخور وأقدمها عمرا - بدلا من انتصابها في وضع عمودي - تستلقي في وضعية أفقية بقاع البحر. لقد تجلت ثورات أخرى أبعد في الزمن في أبعاد هذا المنظور. لكم تملك الذهول العقول عند التطلع إلى هذه الهوة من الزمن"(١).

٤-٢-٢ تركيب الأرض

على أية حال، تظل مناقشة بعض النقاط القليلة - في سباقنا الحالي - ذات جدوى، أولها تركيب الأرض ككل، وكيف يمكن مقارنته بتركيب الكواكب الأخرى. لقد علق أحد زملائي بقوله:

"ثبت أن تقييم تركيبات الكواكب واحد من أعسر المهام في مجال الكيمياء الكونية. وحتى تحديد تركيب الأرض تحدٍّ حقيقي، فالتفرقة بين الكواكب أكدت أنه ما

من موضع عليها أو حولها يمكننا أن نجد فيه عينة تمثل تمثيلا صادقا الكوكب ككل".

وتمنحنا درجة وفرة العناصر الكيميائية فى النيازك البدائية أفضل وسيلة لتحديد تركيب المكون الصخرى فى السديم الشمسى. وربما يظن المرء أن تركيب الكواكب الصخرية كالأرض سيتطابق معه، ولقد افترضت العديد من النظريات عن تكون الكواكب ذلك فعلا.

على جميع الأحوال فان الكواكب الأرضية لم تفقد الغاز والثلج فحسب، بل نفد منها بالمثل عناصر مثل الرصاص والصوديوم والبوتاسيوم والتى يسهل تطايرها عند درجات أقل من ١٠٠٠ درجة على مقياس كلفن. ويرجع ذلك إلى أن الشمس المبكرة قد جرفت هذه العناصر بعيدا، مثلها مثل الماء والثلوج الأخرى والغاز إبان نوبة فورانها الموار وهى فى عنفوان صباها. ونحن إزاء مشكلة رئيسية تواجهنا. فهناك منطقتان شاسعتان فى الأرض ليس لدينا معلومات قاطعة عنهما إلا أقل القليل: هما النصف الأسفل من القشرة الأرضية القارية، والأجزاء السفلى من الدثار الصخرى، ولكل منهما أهميته، بل تمثلان لنا مناطق مجهولة إزاء محاولتنا تحديد التركيب الكلى للأرض، إننا على بينة من تركيب الجزء العلوى من القشرة الأرضية، فنحن -على أية حال- نحيا فوقه، وقد أوسعه الجيولوجيون طرقا وثقبا وفحصا بالمجسات على امتداد أكثر من مائتى عام.

والقشرة اليابسة فيما تحت المحيطات، تلك التى تغطى نحو ثلاثة أرباع سطح الأرض، ذات طبيعة بازلتية فى المقام الأول، ويبلغ سمكها حوالى خمسة كيلومترات، وقد انبثقت مادتها فى شكل حمم من الأجزاء المرتفعة من قيعان المحيطات. وهى مغطاة بغشاء رفيع من الطين الذى يأتى من عوامل تعرية القارات. وتركيب الجزء الصخرى الأعلى من الدثار مفهوم بدرجة لا بأس بها وإلى عمق ٢٠٠ كيلومتر، فلدينا عينات منه مما تلفظه البراكين. أما فى الأعماق التى تتجاوز ذلك المدى فنحن أقل تأكدا

من معارفنا، رغم أننا نعلم من دراستنا لمسارات موجات الزلازل أن الدثار مازال ذا طبيعة صخرية. أما اللب - باطن الأرض - والذى يبدأ من عمق ٢٩٠٠ كيلومتر تحت السطح فيغلب على تركيبه الحديد الفلزى المتسابك مع نحو ١٠٪ من النيكل إلى جانب بعض الكبريت وربما بعض من عناصر أخرى.

وتستمر هنا المناقشات الخلافية بين الخبراء فى كثير من النقاط ، فرغم أن النيازك تزودنا بمعلومات قيمة ، فمن الجلى أن الأرض لم تتركب مكوناتها من خليط مشابه للنيازك التى ندرسها . فالتشابه بينهما فكرة خاطئة ومظهر خداع. فالنيازك تفد إلينا من أصقاع نائية فى المنظومة الشمسية وتختلف جوهريا فى تركيبها عن تركيب الأرض من حيث نسب الغازات النبيلة كالنيون والزينون، وكذلك من حيث نسب العناصر الشائعة.

وكانعكاس لهذا، لم يكن نطاق الكويكبات "بالمحجر" الملائم لكى يشيد منه كوكب الأرض. ولقد تدبر النشوء المبكر للمشترى الأمر ونجح فى التخلص من جل المادة المتواجدة تقريبا، مخلفا فى السديم ثغرة لا تزيد المادة بها عن الواحد فى الألف من كتلة الأرض. وبطبيعة الحال يتعين علينا أن نبحث عن المادة التى تكون منها عطارد والمريخ والزهرة. ويتوجب كما هو واضح أن ينظر المرء صوب الشمس من نطاق الكويكبات بحثا عن المادة التى تكونت منها هذه الكواكب. وتبقى النيازك -بعد همودها- مصدرا ثمينا للمعلومات، شأنها شأن اللاجئين الذين يروون الأقاصيص عن الأوطان التى أتوا منها.

ويحتوى الجزء العلوى من دثار الأرض الصخرى على الكثير جدا من الماغنسيوم، إلى جانب عناصر أخرى، وهو مالا يتصور أن يكون مصدره أيا من النيازك التى نعرفها. ولقد كانت هذه الملحوظة مثارا للعديد من المجادلات المستفيضة، والقول الفصل الذى يحسم هذا الجدال هو تركيب الأجزاء العميقة من الدثار، ذلك التركيب الذى ما زلنا نجهله. فإذا كان لها نفس تركيب الأجزاء العلوية من الدثار - وهو الاحتمال الذى

أرجحه أنا شخصيا - فيكون للأرض تكوين أوّلي مختلف من حيث وفرة العناصر الكيميائية. ومن ثم فإننا ما زلنا نواجه المشاكل في تقصي تركيب كوكبنا الأم. ويبدو جليا أن الأرض قد نشأت وتعاظم نموها في موضعها، ولم يكن هناك مجال للاختلاط بأجرام نطاق الكويكبات القاصي في فترة تكون الأرض.

٤-٢-٣ تراكم المادة الذى أدى لتكون الأرض

كم كانت أحجام الأجرام التى تراكمت فكونت الأرض؟ ليس بمقدورنا دراسة هذه المشكلة إلا عن طريق النمذجة بالحاسب الآلى، ما دامت الأجسام الأصلية قد اختفت واندمجت في الكواكب. وتخبرنا هذه النماذج أن ما بين نصف الأرض وثلاثة أرباعها قد تكون من تكدس أجرام في حجم القمر أو أكبر فوق بعضها، أى ربما كان الواحد منها في ربع كتلة الأرض. ولو قدر لهذه الأجرام البقاء على قيد الحياة لغدت اليوم كواكب ذات شأن، أكبر حجما من المريخ أو عطارد.

لقد وصل أكبر هذه الأجرام - على الأرجح - في أثناء نهايات مراحل التراكمات التى كونت الكوكب، قبل حوالى ٤٥٠٠ مليون عام. أما ما تخلف من أجرام فقد لفظ بعيدا خلال الخمسمائة مليون سنة التى تلت ذلك.

وقد تمت الإزالة الكاملة لهذه الأجرام المتبقية قبل ٣٨٥٠ مليون عام تقريبا. إننا متأكدون نوعا ما من دقة ذلك التاريخ من خلال دراستنا للعينات من القمر. فإلى جانب فوهات صغيرة، هناك أكثر من مائتى حوض ضخم تزيد مساحة كل منها على مساحة فرنسا نشأت على الأرض إبان تلك الحقبة.

كان من شأن هذا الوابل من الرجوم أن يدمر أية قشرة أرضية تكونت مبكرا، وكان من السهل أن تنجرف الصخور التى حطمتها الصدمات بفعل عوامل التعرية.

وذلك بخلاف الوضع على القمر حيث ظلت القشرة السطحية مصونة فى المناطق العالية والتى نشاهد عليها فتحات ويشرح استمرار انهمار الرجوم لماذا لا توجد على كوكبنا صخور تعود إلى تاريخ بداية نشأة المنظومة الشمسية (ليست الأرض بالكوكب الملائم كى تحاول أن تفهم ماذا جرى عليه فى الأزمنة المبكرة للغاية).

إن درجات الحرارة المرتفعة من توابع تكون الأرض بهذه الطريقة. ولم يكن هناك بد -على ما يبدو- من أن تنصهر الأرض تماما . وسرعان ما تكون لب الأرض المعدنى. ونظرا لثقل المعدن المصهور ما لبث أن رسب فى مركزها -مثله مثل الحديد فى القرن اللافح -ويتناقض هذا مع حالة العملاق الغازى الهائل المشترى الذى تزيد كتلته عن ٣٠٠ أرض. فقد كان على باطن هذا الكوكب كما رأينا أن يتشكل أولا. أما فى حالة كوكبنا فقد برد لبه وصار الآن صلبا، على أن الجزء الخارجى من اللب الحديدى مازال سائلا.

وقد تأكدت هذه المعلومات عن أعماق مركز الأرض من دراساتنا للتحركات فى موجات الزلازل الأرضية. وقد برد الدثار الصخرى سريعا وتصلب، وإن بقى السبب فى كيفية حدوث ذلك فى حكم السر الغامض.

نحن نفهم جيدا كيف حدث هذا على القمر، إلا أن حجم الأرض فى حد ذاته قد قهر محاولات مصممى النماذج لتفهم ماذا حدث هنا، وهناك القليل من المفاتيح على كل حال. فلعلها بردت فجأة وبسرعة على امتداد حوالى ألف عام قبل أن تأخذ البلورات فرصتها فى الانفصال. وليس هناك بكل تأكيد أية علامة على نوع البلورات وفئاتها التى ظهرت فى شكل بحيرات صغيرة من الصخور المنصهرة على الأرض (وهو ما يعيه الجيولوجيون جيدا) وقد جرت عملية مماثلة كونت نطاقات مختلفة من المواد المعدنية على مقياس أكبر إبان برودة القمر وتبلره من حالته الأصلية السائلة.

٤-٢-٤ هل نضيف بعض الثلج لمكونات (الكعكة) !

يحتوى دثار الأرض الصخرى على نسب من النيكل والبلاتين والإيريديوم وما إليها من العناصر الثمينة بأكثر مما هو متوقع طبقا للنماذج البسيطة الموضوعة. ومن المنطقى أن تتواجد هذه العناصر - شأنها شأن الحديد- فى اللب (وبالتالى لن يكون لدينا البلاتين الضرورى لخواتم الزفاف). لذا فإن المعتقد هو أن غلافا من النيازك قد تناثر فى مرحلة متأخرة من مراحل تكون الأرض. وإضافة هذا الغلاف الرقيق إلى الكواكب التى اكتمل نموها بشكل أساسى - هو بمثابة إضافة بعض الثلج إلى الكعكة. وعملية "تزيين قمة الكعكة" هذه قد تعطى بعض المعلومات عن تركيب باطن الأرض.

على أية حال، لا يمدنا القمر بأى دلالة على هذا الغلاف الرقيق فى مرحلة متأخرة، رغم وجوب ظهورها بوضوح فى حال وجودها. ويجدر أن نذكر كذلك أنه لو كانت هناك أغلفة رقيقة تكونت فى مراحل متأخرة لاختلطت اختلاطا تاما بالدثار الصخرى الذى ربما كان آنذاك فى حالة انصهار. أم لعلنا ببساطة لا نفهم فهما كافيا سلوك العناصر الكيميائية عند درجات الحرارة والضغوط المرتفعة فى أعماق باطن الأرض، وربما اقتصر فهمنا على مشكلة تواجد العناصر الثمينة. لعل حدث الارتطام العنيف بجرم ما الذى أفضى لتكون القمر والذى سأناقشه فيما بعد، هو الجانى المذنب فى إضافة هذه العناصر. وطبقا لهذا النموذج، هوى اللب المعدنى للجرم الصادم -بعد دورانه فى مداره بضع ساعات - إلى الأرض. وبانطمار كتلته المعدنية فى تربة الأرض قد يكون بعض منها قد احتبس فى دثارها الصخرى.

٤-٢-٥ القشور السطحية اليابسة

يبدو أن الكواكب - مثلها مثل الخبازين - لا تقوى على مقاومة الميل إلى عمل قشرة خارجية صلبة. وفى كلتا الحالتين تلعب الحرارة دورها. فالقطع سهلة الانصهار

ترتفع من الباطن وتغطى السطح. وعلى كل، تختلف القشور الصلبة للكواكب والتوابع كلها عن بعضها البعض. لذا تتعذر علينا محاولة اكتشاف نموذج عام لتكون القشور الصلبة فى المنظومة الكوكبية التى تشيع فيها الأحداث الجزافية وليدة الصدفة. والدليل واضح على أن القمر كان فى حالة منصهرة، ونتيجة لذلك تكونت القشرة الصلبة فى مناطقه المرتفعة ذات اللون الأبيض.

وعلى أية حال لا يزودنا ذلك - بالضرورة - بنموذج يشرح كيفية نشوء القشور الصلبة على أسطح الأرض والزهرة والمريخ فى ذلك الزمن المبكر. إن القشرة اليابسة القارية للأرض التى اعتاد أغلبنا على المعيشة فوقها، لها أهميتها المتفردة، إذ إنها كونت ذلك السطح المرتفع فوق منسوب سطح البحر الذى توالت فوقه مراحل تطور الكائنات التالية والتى أدت إلى ظهور الإنسان المعاصر Homo sapiens (وبالتالى إلى كتابة هذه الكلمات).ألا يطيب لنا إذن أن نتساءل كيف برزت للوجود هذه القشرة القارية اليابسة، التى تختلف كثيرا فى تركيبها عن قشرة قيعان المحيطات وعن الدثار؟ وما إذا كانت قشور يابسة شبيهة موجودة بالكواكب الأرضية الأخرى! إن اعتيادنا على القشرة اليابسة الخاصة بالأرض قد حجب عنا كم هى متميزة أنواع القشور. فرغم أن القشرة القارية تبلغ الأربعين كيلومترا سمكا، وهو مالا يصل بكتلتها إلى نصف فى المائة من كتلة الأرض، إلا أنها تحوى نسبة مذهلة تصل إلى الثلث من رصيد الأرض من عناصر كثيرة، نادرة الوجود كاليورانيوم. ومن وقت إلى آخر تتآزر العمليات الجيولوجية لزيادة تركيز هذه العناصر والتى عادة ما تتواجد بنسبة بضعة أجزاء من المليون أو حتى من البليون فى ترسبات خاماتها. لذا فالقشرة اليابسة غنية بالرواسب المعدنية التى تحوى تلك العناصر النادرة التى نجدها جمة الفائدة فى إقامة صرح حضارتنا التكنولوجى. فكل شاشة عرض تليفزيون ملون تحتوى على عنصر

"اليوروبيوم" الشديد الندرة(*) ، والذى يشع بالبريق ليزودنا بالجزء الأحمر من الصورة التليفزيونية. ويوجد اليوروبيوم فى الأرض بنسبة لا تتعدى الواحد من العشرة من المليون، ونادرا ما يوجد فى كميات تسمح بتعدينه (ومن هنا جاءت تسمية العناصر النادرة). كم من الكواكب الأخرى يا ترى قد تكرر الدورات الجيولوجية التى لا تنتهى والكفيلة بزيادة تركيز هذا العنصر، حيث يمكننا أن نستخرج ما يكفى من الترسبات المعدنية الجليبة (والتى سيصل ثمنها حتى فى هذه الحالة إلى حوالى ثمانية آلاف دولار للكيلوجرام الواحد)، لنوزعه فى أنحاء العالم داخل أجهزة التليفزيون؟

وهكذا فلكى تتطور حضارة تكنولوجية ما، لا يقتصر احتياج المرء على درجة حرارة مواتية، ومياه، وجو به أكسجين، بل إنه يحتاج بالمثل إلى ترسبات من النحاس، وعناصر الأرض النادرة ومقادير من أشياء أخرى لا تلفت انتباهنا إذ نعتبر توفرها أمراً مسلما به، ولكنها تأتينا بفضل بنية الأرض ذات الطبيعة الصفائحية. وعلى النقيض من ذلك تبدو قشرة الزهرة السطحية - بالنسبة للمنقب عن الرواسب المعدنية - شبيهة بالكابوس.

ومن الأسئلة الأساسية التى تراودنا عن الأرض، ماذا عساه حدث فى الثغرة الزمانية البالغة ٥٠٠ مليون عام قبل تشكل الأرض، وقبل تشكل أقدم الصخور التى نتعرف عليها؟ بوسعنا أن نضع القليل من الحدود. فما من دلالة على الأرض على الأسطورة الجيولوجية المتوارثة عن تلك القشرة الجرانيتية الأولية التى تحتوى العالم كله.

ولغياب الدليل على مثل هذه القشرة نتائج مؤثرة. فقد تبين أن الجرانيت المعتاد الذى يزين كثيرا من مبانى مدننا، يصعب على الكواكب أن تصنعه. ومن هنا يبدو من

(*) اليوروبيوم: عنصر فلزى نادر عدده الذرى ٦٣ واكتشف لأول مرة عام ١٨٩٠ . (المترجم)

المرجح أن إنتاج القشرة الجرانيتية ملمح فريد للأرض. فهى بمثابة (منتج نهائى) وليد ثلاثة مراحل (وربما أكثر) من التقطير من الدثار الصخرى الأولى.

ولقد نمت القارات على مهل وعلى نحو مرحلى على حلقات عبر الحقب الجيولوجية، حتى بلغت حدها الأقصى الآن. وواضح أن عملية تشكل قارات الأرض هذه لا تتميز بالكفاءة. فقد حولت الأرض أقل من نصف فى المائة من حجمها إلى قشرة يابسة ذات تركيب وسط، وأقل من ٢و٠ فى المائة من حجمها إلى القشرة القارية الجرانيتية العليا، وذلك عبر ٤٠٠٠ مليون سنة (هل يمكن لأية شركة أعمال مقاولات لإنشاء القارات أن تستمر فى العمل ولها مثل هذا السجل السيىء من قائمة سابقة الأعمال؟).

٤-٢-٦ التاريخ المضطرب لغلافنا الجوى

يتعين على القراء أن يلموا بأن ما نجده من مشاكل أكثر مما نحصل عليه من حلول. وبكل تأكيد فقد مرّ جو الأرض بسلسلة من الأحداث ذات تعقيد وتقلبات. وتلوح آثار طفيفة من غازات البداية الأولية.

ولو كانت الأرض قد تشكلت فى كنف القرص الغنى بالغاز لأمكنها أن تقتنص جوا كثيفا من البداية، ولكانت نسب الغازات النادرة كالنيون، مائة ضعف نسبها الحالية فى جو الأرض. وهذا الشح فى نسب الغازات النادرة فى الغلاف الجوى اليوم لا يتلاءم مع هذا النموذج ويتفاوت عنه تفاوتا كبيرا. ومن ثم يلوح أن الغازات قد تلاشت فى ذلك الوقت الذى أخذت فيه الأرض فى التشكل.

وبمثابة توجيه إهانة ختامية، استلبت الارتطامات الهائلة فى خلال تجمع الأجزاء المكونة للأرض، أى جو أولى بدأت به المنظومة. وبناءً على ذلك فالغلاف الجوى الحالى

ومحيطات الأرض كلها فيما يبدو مكونات ثانوية بالكامل من حيث الأصل ولا تزودنا إلا بالنزر اليسير من المعلومات فيما يتعلق بتساؤلاتنا تلك.

على أية حال، فلطبيعة الغلاف الجوى الأولى أهميتها من حيث التعرف على أصل الحياة. ولسنا ندرى ما إذا كان الغلاف آنذاك مختزلا أم غير مختزل، ولكن لا يلوح أنه كان مختزلا بدرجة عالية. فلم يكن هناك ذرات أكسجين حرة ولم تصبح متاحة حتى ما قبل ٢٠٠٠ مليون عام بقليل عندما توافرت بغزارة بكتريا عملية التمثيل الضوئى القادرة على إنتاج الأكسجين.

٤-٢-٧ ندرة المياه

على النقيض من الكواكب الداخلية الأخرى يمثل وجود الماء فى صورته السائلة على سطح الأرض ملمحا مميزا لها، وهو عامل حيوى مصيرى سواء فى تيسير عملية تكون البنية التكتونية الصفائحية أو فى السماح لقشرة قيعان المحيطات بإعادة التدوير من خلال الدثار. فالماء المحتبس داخل القشرة أسفل المحيطات يغدو -فى نهاية الأمر- عميقا داخل الدثار، وهناك يلعب دوره الحيوى. فهبوط القشرة السطحية إلى مناطق ذات درجة حرارة أعلى، يطرد الماء، حاملا معه العديد من العناصر الأكثر قابلية للتطاير. وبارتفاع ذلك السائل فإنه يحفز الانصهار داخل الدثار. وتصل هذه الحمم – وهى محملة الآن بالمواد المتطايرة إلى السطح فى مشهد مرموق (وقد كانت ثورة بركان جبل سانت هيلين نموذجا مشهودا)(*) . وتشاهد هذه الأحداث فى أكثر صورها درامية فى سلسلة الانفجارات البركانية الهائلة التى تحدث حول حافة المحيط الهادى،

(*) انظر بند ٣-٥-٤ . (المترجم)

لدى المواضع التى تنزلق فيها قشرة قيعان المحيط إلى الأسفل ثانية داخل الدثار. وتفرز هذه العمليات المادة التى تمضى لتتكون منها القارات وكذلك ترسبات الخامات النافعة لنا.

وفى الكواكب الأخرى تبقى الحمم البازلتية على السطح، ويؤدى هذا إلى استمرار تواجد السهول البازلتية القاحلة كتلك التى نرصدها على الزهرة، والمريخ، والقمر.

تترك وفرة الماء الغزير على سطح الأرض انطباعا قويا لدينا جميعا. على أية حال يجدر بنا أن نتذكر أن مقدار الماء على الأرض يعد قليلا جدا بالمقاييس الكونية. لقد صار السديم الشمسى فى المناطق المجاورة للأرض جافا جفاف الصحارى عندما تلاشى الماء والمواد المتطايرة الأخرى بفعل الشمس النشطة فى الزمن الباكر، وانجرفت إلى حيث كان المشترى فى طور التكوين. ولو كانت الأرض قد نالت نصيبها العادل مما كان فى القرص الأصلى من غبار وغاز لزادت كمية الماء بها إلى ألف ضعف ولكان ذلك كفيلا بزيادة حجم الأرض إلى ثلاثة أمثاله، ولغرقنا فى طوفان ربما اندهش له النبى نوح عليه السلام.

فإذا كان الماء نادرا فى المنظومة الشمسية الداخلية، فمن أين جاءت إذن هذه الجداول، والبحيرات والأنهار والمحيطات التى تخلبنا جميعا؟ إن مصدرها نقطة بحث شيقة لم يتيسر لنا فهمها على الوجه الأكمل حتى الآن، ومن الغرابة أن ينظر لها كمشكلة غير ذات أهمية، طالما أن الأرض تحتوى على نحو ٥٠٠ جزء فى المليون فقط ماء، وهى نسبة من الضآلة بحيث يمكن أن يهمل هذا المبحث عن مصدر الماء على كوكب الأرض، إلا أننا موجودون هنا بالتبعية "على هذه الضفة والمياه الضحلة من الزمان"(*)

(*) هذه الضفة والمياه الضحلة من الزمان bank and shoal of time: هذه العبارة مقتبسة من مسرحية ماكبث (المشهد الثالث من الفصل الأول) لشكسبير. (المترجم)

والمذنبات تمثل مصدرا محتملا للمياه. وعلى أية حال، فإن النسبة بين الديتيريوم والهيدروجين فى مياه المذنبات تمثل صعوبة كبرى ، فهى بالغة الارتفاع، يصعب معها اعتبارها مصدر مياه محيطاتنا.

والمذنبات الوافدة إلينا من أجواز سحيقة، غالبا ما تصلنا فى سرعات أعلى من سرعات النيازك، ومن ثم فربما تأخذ معها بعيدا أكثر مما تجلبه، فمثل رجل توصيل للطلبات غير أهل للثقة، قد تأخذ معها الأجواء بنفس الكيفية التى تجلبها بها.

ومهما يكن الأمر فربما تكون هى المصدر النهائى – وإن كان مصدرا متقلبا ذا نزوات – للغازات النادرة، والمركبات العضوية، والأجواء.

٤-٢-٨ هل الأرض (كيان حيوى) حقا؟

ليس بمقدورى أن أختم نقاشى عن الأرض دون أن أشير إلى الفرضية الطريفة لجيمس لافلوك (المولود عام ١٩١٩) أن الأرض "حية". alive ولقد ناقض هذه المقولة فى العديد من الكتب التى تتناول ما يطلق عليه "فرضية جايا Gaia hypothesis ، وجايا كانت ربة الأرض فى الأساطير الإغريقية.

هناك بديلان لهذا المعتقد: قوى وضعيف، شأن بديلى "المبدأ الإنسانى" الذى سأناقشه لاحقا. وطبقا للبديل "القوى" فالأرض نوع من كيان حيوى فائق Superor-ganism (مجموعة من الكيانات الحية العضوية)، ووفقا للبديل "الضعيف" فالحياة تؤثر على البيئة عن طريق مختلف وسائل التأثير التبادلى وتجتهد للإبقاء على بيئة ملائمة. ووفقا للافلوك، فإن فرضية جايا تنص على ما يلى:

"يتناغم الغلاف الجوى، والمحيطات، والمناخ، وقشرة الأرض اليابسة كلها وتتسق بحيث توفر ظروفا مواتية للحياة، وذلك نتيجة لسلوك الكائنات الحية. وبوجه خاص، فإن

درجة الحرارة ودرجة التأكسد والحامضية ونواحى أخرى بعينها فى الصخور والمياه تظل ثابتة فى أى وقت بفضل عمليات التأثير المتبادل التى تقوم بها بصورة تلقائية وفطرية لا إرادية، النباتات والحيوانات".

وحسبنا مثلان لإثبات المنطق فى خط التفكير هذا. فأولا: إن تغيرات فى الإشعاع الشمسى سيتم استيعابها - بوعى - من خلال مستوى الإنتاج البيولوجى للغازات المحتبسة حراريا سواء بالزيادة أو بالنقصان بحيث تبقى درجة الحرارة على سطح الأرض عند مستواها.

ويأتى المثال الثانى من المحيطات. فللمحافظة على مستوى الملوحة فيها ومنعها من التزايد الذى يهدد الحياة ويمثل مشكلة للأحياء، يفترض مناصرو "الجايا" أن الكائنات الحية تقيم الحواف المرتفعة من الصخور والرمال قرب المحيط المائى (مثل الشعب المرجانية والاستروماتولايتات(*) **Stromatolites** وتنشىء هذه الحواف بعيدا عن الشاطىء. والبحيرات الشاطئية (الأهوار) لهذه الحواف فى اتجاه الشاطىء تهيىء موضعا يتاح لمياه البحر فيه أن تتبخر، وتتخلف رواسب من الملح، وبذلك يُنزح الملح من المحيطات بحبسه فى طبقات من الصخور الرسوبية. وطبقا لرأى لافلوك: "إن التوازن بين عملتى التحات والتكون يبدو أنه يحافظ على ما يكفى من الملح فى صورة معزولة محتبسة فى أحواض التبخر بحيث تبقى مياه المحيطات على درجة العنوبة التى تلائم متطلبات الحياة".

ويبقى السؤال الأساسى: هل هى الحياة التى تتحكم فى البيئة، أم أن الحياة تناضل من أجل البقاء فى وجه تغيرات تمليها الجيولوجيا؟ يلوح أن الحياة - فى الحقيقة - تعرف كيف تتأقلم لتحقيق هذا الهدف، كما نرى من سرعة عودة الحياة إلى

(*) الاستروماتولايتات: هو تكوينات تنشأ من تلاحم حبيبات مترسبة- جزؤها السفلى صخرى وجزؤها العلوى طبقة رقيقة من جراثيم ذات لون أزرق ضارب للخضرة اسمها (سيانوبكتريا). (المترجم)

المناطق التى تدمرها كارثة ما، وسرعة عودة الخضرة إلى جبل سانت هيلينز سريعا هو مثال على ذلك. فبعد الدمار والانهيارات الهائلة فى جانب الجبل التى نجمت عن ثورة البركان، لم يحتج الأمر إلا إلى بضع سنوات لتعود الحياة سيرتها الأولى فى العديد من البيئات الملائمة. فالحياة تتفعل خلال حقب زمانية قصيرة بالقياس إلى الحقب المديدة اللازمة لحدوث تطورات جيولوجية. والكوارث كالأعاصير، والزلازل وموجات المد (التسونامى) وثورات البراكين قصيرة الأمد مقارنة بها.

ويصعِّب تمييز معتقد "الجايا" عن إدراكنا العام أن الحياة متأقلمة إلى أقصى حد مع البيئة فى كل مجال حيوى. ومن هذا المنظور يفترض أن الحياة لا بد قد تأقلمت طبقا لدرجة ملوحة أو عذوبة ماء المحيط ولدرجات الحرارة المختلفة.

وعندما يتمعن المرء فى نطاق درجات الحرارة التى تطيقها الحياة، من درجة الغليان فى مياه الينابيع الحارة إلى صقيع برارى المناطق القطبية، فإنه يذهل من قدرة الحياة على التأقلم مع الظروف والملابسات الخارجية.

كيف تستوعب فرضية "الجايا" نوعية الأحداث الجزافية التى تهمين على الأمور التى يبحث فيها هذا الكتاب؟ ليس ذلك واضحا. إن الارتطامات الكارثية للنيازك والمذنبات، وحتى العصور الجليدية وثورات البراكين الهائلة تبدو وكأنها تضع أمامنا عقبات لا سبيل لاجتيازها وذلك بوجود القدرة على قهر الحياة، ربما على نطاق شامل. ويصبح الأمر مجرد سوء حظ.

وبصرف النظر عن العناية التى تبنى بها الشعب المرجانية تلك الحواف المرتفعة من صخور ورمال، فليس بوسعها أن تتوقع وصول الكويكبات إلى مدارها الذى استقرت فيه عشوائيا. وهكذا فقد فُقد الكثير من أنواع الشعب المرجانية عندما اقتربت الحياة من حافة الفناء قبل ٢٥٠ مليون سنة خلال الكارثة الهائلة - والتى لم

نفهمها جيدا- فى الحدود ما بين العصرين البريامى والتيرياسى، وهو الحدث الذى أدى لاختفاء ٩٥٪ من صورة الحياة على الكوكب.

ويبدو عسيرا أن نقترح اختباراً لصحة فرضية "جايا". وأحد الاختبارات المقترحة هو: لو كانت الحياة قد تطورت مبكرا على كوكب آخر ثم انقرضت من عليه فذلك كفيل بإبطال الفرضية. لعلنا نجد إجابة على هذا السؤال طالما أن هناك احتمالا أن البكتريا البدائية كانت تحيا على المريخ ثم بادت.

ولكن انقراض الحياة - مثل انقراض نوع من الأنواع قد يتسبب فيها - بسهولة - سوء الحظ متمثلا فى الارتطام بنيزك. وطالما لا يبدو أى من بديلى فرضية "الجايا" قادرا على الإتيان بتنبئوات يسهل استساغتها، فيبقى هذا المعتقد حاليا فى نطاق الفضول العقلانى، وهو نفس موقف "المبدأ الإنسانى" الذى سأتناوله فى إيجاز. وما من افتراضية تتوافق مع وجهة النظر التى يعبر عنها هذا الكتاب من أن الأحداث العشوائية هى التى هيمنت على كلا الأمرين: تطور نشوء الكواكب، وتطور الحياة.

هامش الباب الرابع

(١) جون بلايفير (١٨٠٢): تصورات عن نظرية هاتون عن الأرض -رسالة مطبوعة بالفاكس- ج. و. هوايت - مطبوعات جامعة إلينوى- ١٩٥٦- الصفحات ١٣ ، ١٤ .

(٢) دانييل ج. بورستين (١٩٨٥): "المكتشفون" دار كتب - فينتيج - نيويورك - ص١٤٦ .

(٣) أفضل نبذة عن تاريخ الأرض الجيولوجي يعود إلى كلود بريستون (١٩٨٨) فى مؤلفه (واحة فى الفضاء) - دار نورتون - نيويورك.

(٤) .?ى. ماكسوين الأصغر (١٩٨٩): العالم الأمريكى، المجلد ٧٧- ص١٤٦ .

(٥) وليام شيكسبير (١٦٠٦): ماكبث- المشهد الثانى من الفصل الأول.

(٦) على سبيل المثال: ج. لوفلوك (١٩٨٨) - أحقاب الجايا - مطبوعات جامعة أكسفورد - ص١٩ .

(٧) على سبيل المثال: ج. لوفلوك (١٩٨٨) - أحقاب الجايا - مطبوعات جامعة أكسفورد - ص١١١ .

الباب الخامس

الحالتان الخاصتان

يمثل القمر وعطارد حالتين خاصتين، حتى بتطبيق معايير مرنة متساهلة على المنظومة الشمسية، فعطارد فريد من نوعه إزاء كثافته المرتفعة التى تنبئ عن احتوائه على نسبة عالية من فلز الحديد على حساب الصخور. وعلى النقيض من ذلك تنعكس الآية مع القمر الذى يحوى قليلا من المعدن بالنسبة للصخور. ويطول الحديث عن التاريخ المديد لتفسير طبيعة هذين الجرمين غير المألوفة. فكم من جهود أنفقت فى محاولة إحلال أحدهما أو كليهما فى خانة ما من إطار شامل يشرح تكون الكواكب ونشأتها، إلا أن الحظ لم يحالف – حتى الآن – أيا من هذه المحاولات.

٥-١ القمر

٥-١-١ شخص متفرد .. غريب الأطوار

القمر هو أكثر الأجرام وضوحا فى السماء – باستثناء الشمس بطبيعة الحال – وتصور المناطق الداكنة على صفحته تلك الملامح المألوفة لدى الجميع والتى تشبه ملامح "إنسان فى القمر"، وذلك على حين يكشف الفحص بمرقاب ذى قدرة محدودة، بل وحتى بعدسات مكبرة، عن وجود فوهات.. وهى الفوهات التى تركت لدى جاليليو انطباعا عميقا قبل أربعة قرون، فرأى أن القمر ملىء بالجبال، وهو ما يحقق نبوءة

أناكسا جوراس (حوالى ٥٠٠-٤٢٨ ق.م) بأن القمر مركب من حجر. والتاريخ يخبرنا كم هو خطير -غالبا- أن تفصح عن الحقيقة، فلقد نفى ذلك الفليسوف من أثينا بتهمة التجديف، كما جابه جاليليو مصاعب مشابهة.

لقد تهكم لابلاس فى سخرية مريرة على وجهة النظر العتيقة القائلة بأن القمر "قد أعطى للأرض ليمنحها الضوء فى أثناء غياب الشمس"(١)، فبقليل من التبصر يتضح أن القمر يتألق لمدة نصف الوقت المطلوب منه ذلك فحسب. وطالما افتتن الناس ببهاء الليالى المقمرة، ومن ثم لم يكن من الغريب أن يكون للقمر ذلك التأثير الهائل والرومانسى على تطور البشرية وتقدمها. فكل ما عدا القمر من الكواكب والنجوم لا تعدو أن تكون -نظرا لبعدها- مجرد نقاط من الضوء، ما لم تُشاهد من خلال مرقاب قوى. ومن ثم فلا بد من قدرة خارقة على التخيل لفهم طبيعتها على حقيقتها، أما صفحة القمر فتخبرنا عن وجود عوالم أخرى كالأرض. فلولا القمر لكان تطورنا العقلى والثقافى قد نحا منحى آخر لعله أقرب إلى طبيعة الاتجاه إلى التأمل الداخلى. وأطوار القمر الشهرية من تألق وخفوت زودتنا بنظم التقويم البدائية. ومن المثير للفضول، أن الشهر القمرى يتوافق طوله مع دورة الطمث لدى أنثى الإنسان. ويمتد حمل أنثى البشر لتسعة أشهر قمرية. وما من أحد يدرى مغزى هذا التوافق -إن كان هناك مغزى- لعله محض توائم مع تعلقنا الرومانسى بالقمر، الذى طالما تردد صداه كثيرا فى أهازيجنا وأشعارنا. ولقد عقدت الصلة ما بين القمر وموجات المد والجزر منذ الزمان الباكر، وقادتنا فى خاتمة المطاف إلى فكرة الجاذبية تلك التى طورها بشكل أساسى ديكارت ونيوتن.

لقد تصور قدامى الإغريق ممن بحثوا فى الكونيات أن الأجرام السماوية - على النقيض من الأرض - كانت كاملة التقويم، مكونة من بلورات متلألئة، من عنصر خامس كامل (الجوهر الصافى فى أقصى درجات نقائه quintessence). على أية حال فقد بينت أرصاد جاليليو بجلاء أن القمر يحمل بعض سمات التشابه مع الأرض. ولقد

واتته الشجاعة كى يجهر بالتمييز بين أرض القمر (الأجزاء البيضاء من سطح القمر) وبحاره (مجارى الحمم ذات اللون الداكن). وقد كان ذلك العلامة الفارقة وبداية الدراسات المقارنة للكواكب.

وليس للمنظومة المكونة من الأرض والقمر نظير بين الكواكب الداخلية (أى الأرضية). فليس للزهرة التى تضارع الأرض حجما، ولا لعطارد (الذى دوخته الشمس) أية أقمار. أما فوبوس وديموس قمرا المريخ فهما على الأرجح كويكبان ضئيلان تم اقتناصهما. ونسبة كتلة القمر إلى الأرض (١: ٨١) هى أكبر نسبة لقمر تابع بين كل منظومات الكواكب وتوابعها.

وتوابع الكواكب الخارجية هى - فى الغالب - خليط من الثلج والصخور، فى حين أن القمر مكون من الصخر. وتدور منظومة الأرض والقمر الثنائية حول نفسها بسرعة فائقة لدى مقارنتها بالكواكب الأخرى (كأن شيئا ما قد ركل الأرض).

ومما يثير الفضول أن القمر لا يدور فى مدار خط استواء الأرض، ولا فى مستوى دوران الأرض حول الشمس، وإنما فى مستوى يميل على المستوى الأخير بمقدار خمس درجات.

٥-١-٢ حجر رشيد:

لعب القمر دورا محوريا فى تقدم النظريات حول أصل المنظومة الشمسية وتطورها، إلا أن هذا لم يخل من مفارقات ساخرة، فقد تحقق أنه أحد أكثر الأجرام استعصاء على الفهم. فللوهلة الأولى يلوح لعيوننا المجردة هدفا يسهل الوصول إليه وحتى رصده بالعين المجردة (طبقا لما اعتاد أن يذكرنا به هارولد أورى .Harold urey (١٨٩٣-١٩٨١) وهو الذى حث وكالة ناسا الفضائية على الصعود للقمر). فهو يلوح كأول الأجرام وأصلحها لتطبيق النظريات عن أصل الكون. وطالما عد القمر بمثابة

"حجر رشيد"[٢]. بحيث ساد الاعتقاد قبل رحلات أبوللو أن بوسعنا اكتشاف الكثير عن أصل المنظومة الشمسية بمجرد الوصول للقمر. وكان هذا هو المبرر العلمى الأساسى لرحلات الإنسان إلى القمر، وإن كانت الاعتبارات السياسية هى الحافز الحقيقى.

وقد زودنا القمر – فى الحساب الختامى – بنوع من "حجر رشيد" لتفهم التاريخ الماضى للمنظومة الشمسية، ولكن ليس بالكيفية التى تخيلها المفكرون ذوو التصور المحصور فى نطاق الأرض قبل رحلات أبوللو. وقد كانت واحدة من الخلاصات الرئيسية من الدراسات عن القمر أن نتبين أهمية اصطدامات الكويكبات والنيازك والمذنبات الهائلة. وقد قادت الدلائل من المدى الواسع لأحجام الحفر والفوهات إلى الاعتقاد بأن أجراما متنوعة ذات أحجام مختلفة كانت موجودة، يرجح أن الكواكب قد نشأت منها أكثر من احتمال تكونها من الغبار. فاستيعاب أهمية الاصطدامات الكثيفة المبكرة فى تاريخ المنظومة الشمسية يمكننا فهم أصل الأجرام السماوية، إضافة إلى تفهم الكثير من ملامح المنظومة الشمسية الأخرى مثل ميل محاور الكواكب.

إن ريتشارد داوكينز المولود عام ١٩٤١، وهو عالم بيولوجى ومنافح عصرى عن أفكار "داروين" الخطيرة قد صرح بأن: "القمر بسيط"[٣]. حقا.. إنه ليبدو كذلك بالنسبة لبيولوجى يحاول أن يفسر تطور العين البشرية مثلا، أما طبيعة القمر وتركيبه وتطوره وأصله فقد حيرت العلماء وحتى وقت قريب.

قبل الرحلات إلى القمر فشلت كل محاولات علماء الكونيات البطولية وكل السلسلة الطويلة من التجارب العلمية المتنوعة، فى تزويدنا بتفسير كاف ومقنع سواء لتركيب القمر أو تاريخه أو حتى مجرد وجوده. ومن الضرورى أن نستعرض ونتأمل المحاولات التى بذلت – قبل ١٩٦٩ – فى سبيل شرح أصل القمر، تلك المحاولات التى انطوت على العديد من الاستنتاجات الزائفة.

وبفضل الاطلاع على الجانب المختفى للقمر- يتضح على كل حال أن حقائق أساسية عديدة سبق أن كانت متاحة لنا قد بدأت فى التكامل -جنبا إلى جنب - كى تكون نظرية مترابطة. ومن هذه الحقائق كثافة القمر المنخفضة، ومداره الغريب، وسرعة دوران المنظومة الثنائية المكونة من الأرض والقمر.

ولقد أمدتنا الرحلات الفضائية بمعلومات إضافية جوهرية عن الأعمار الزمنية، والتركيب الكيميائى وكنه تكون الفوهات، ولا سيما أهمية الارتطامات الهائلة التى تتمخض عن تكون أحواض. وأضخم التكوينات التى تنشأ من هذه العمليات هى أحواض تحف بها حلقات دائرية من الجبال. والمثال النموذجى لذلك هى مارى أورينتالى **Mare Orientale**، وهو حوض له مساحة فرنسا، تكون خلال دقائق معدودة عندما تحطم على القمر جرم يبلغ قطره خمسين كيلومترا ويمرق بسرعة عدة كيلومترات فى الثانية (انظر شكل ١١). ويمكن تأويل العديد من ملامح المنظومة الشمسية - كاختلاف ميل محاور الكواكب - بهذه الرجوم العشوائية، ومن ثمّ برز للوجود فهم جديد لأصل الكواكب وتوابعها. وبمجرد أن صح فهمنا لأصل القمر، مع كل ما فى ذلك من مضامين واستدلالات، تجلت صورة أوضح لبقية مكونات المنظومة الشمسية، وبزغ تفسير عقلانى للطبيعة - الفوضوية إلى حد ما - التى تتسم بها.

٥-١-٣ قشرة خارجية سميكة

تلتحف صفحة القمر بغطاء يصل سمكه إلى بضعة أمتار من الغبار والكتل الحجرية الناجمة عن اصطدامات النيازك، فهى بالنسبة لرائد الفضاء سطح مُنحنٍ ومنحدر. ويمثل الافتقار إلى علامات مميزة كتلك المألوفة على الأرض، صعوبة غير معتادة فى تقدير المسافات.

وهناك تفاوت مذهل فى التضاريس والمناسيب حيث يصل الفرق بين أعلى وأدنى نقطة أكثر من١٦ كيلومترا، وهو ما يقل قليلا عن رقم العشرين كيلومترا بين أعلى قمة على الأرض (جبال إفرست فى الهيمالايا)، وأدنى نقطة عليها فى غرب المحيط الهادى (تشالنجرديب فى أخدود ماريانان). والتضاريس الوعرة على سطح القمر هى نتيجة الاصطدامات الرهيبة، التى تحفر هناك أحواضا واسعة بأكثر مما تفعل تحركات طبقات الأرض الصفائحية التى ما تفتأ تشكل سطح الأرض. ولدى القمر قشرة خارجية سميكة، تصل إلى ١٢٪ من حجمه ككل.

وقد تكونت تلك القشرة مباشرة عقب تكون القمر منذ زهاء ٥، ٤و٤ بليون سنة. ويتراوح سمك القشرة ما بين ٦٠، ١٠٠ كيلومتر، على سطح جرم يبلغ نصف قطره ١٧٣٨ كيلومترا فحسب. وعلى النقيض فقد تشكلت القشرة الخارجية للقارات على الأرض على نحو وئيد عبر عصور جيولوجية ممتدة. فالقشرة الأرضية أرق نسبيا، إذ يصل حجمها إلى نصف فى المائة من حجم الأرض.

وقشرة سطح القمر الخارجية. فى الأماكن المرتفعة منه مختلفة فى تركيبها عن الباطن، وتحتوى على نسبة عالية من الفلدسبار(سليكات الألومنيوم)، وهى المادة التى يعود لها اللون الأبيض المميز لمرتفعات القمر. وتكوينها ناجم أساسا من اصطدام النيازك بالصخور. ومهما يكن فقد بقى التركيب الكيميائى على حاله ليروى لنا القصة.فالنموذج المقبول لما حدث هو أن القشرة الخارجية تكونت كبلورات من الفلدسبار طافية على سطح القمر المنصهر آنئذ- كما تطفو قطع الجليد على سطح البحر.

ولقد غلب على تكوين قشرة السطح تأثير الرجوم المتسببة فى الأحواض والتى أفرزت تلك الحلقات الدائرية من الجبال. ولقد حيرت تلك الحقيقة من تشكل سلاسل الجبال القمرية فى هيئة أقواس دائرية الباحثين الأوائل كثيرا . بيد أننا الآن ندرك أنها

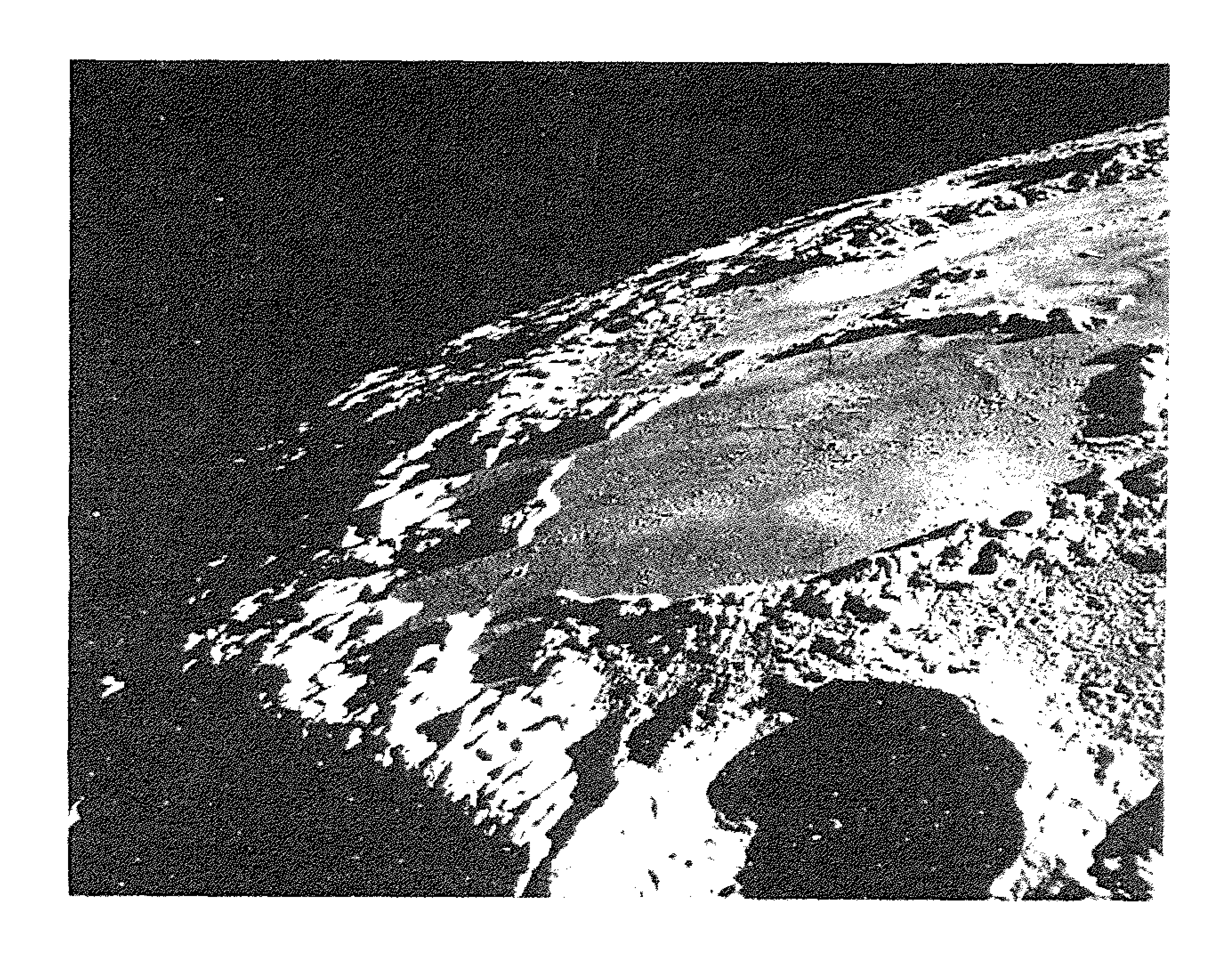
تتكدس فى شكل كتل ضخمة من الصخور حينما ترتطم الأجرام الضخمة بالقمر. وسأفصل-لاحقا- بشكل أوسع شرح أصل هذه الأحواض التى تحف بها الجبال.

والحقيقة أن البدر المكتمل يبدو ساطعا فى مناطق حوافه. على عكس ما قد نتوقعه من وجوب خفوت الضوء إذا ما اتجهنا صوب هذه الحواف، باعتباره كرة تعكس أشعة الشمس، وطالما دارت التعليقات حول ذلك.

والعلة تكمن فى حقيقة أن السطح مفتت إلى شظايا دقيقة بفعل النيازك المتساقطة عليه، ومن ثمّ فهو مكسوّ بعدد لا نهاية له من الأسطح العاكسة (كأنه مصباح دراجة عاكس ذو حجم عملاق معلق فى السماء) ولعل هذا يفسر كيف وصل الإغريق إلى اقتناع بأن الأجرام السماوية مصوغة من بلورات متلألئة.

أما الجزء الداكن من سطح البدر والذى يشكل جزءًا من الملامح المعهودة "للرجل الذى بالقمر" فهو عبارة عن طبقة رقيقة من الحمم البازلتية (الماريا)(*) . ويبين شكل (٣٠) هذه الحمم وقد ملأت الفوهات الدائرية المحفورة داخل مرتفعات القشرة السطحية ذات اللون الأبيض. وترتفع الحمم إلى سطح القمر والكواكب لأن المواد السائلة ذات كثافة أقل مما يحيط بها من صخور جامدة صلبة. وتشيع الحمم بالقمر بصورة أكبر فى وجه المقابل لنا، حيث يتيسر لها أن تبلغ السطح نظرا لرقة سمك القشرة بتلك المناطق. وعلى عكس ذلك تندر الحمم على السطح المختفى للقمر لأنها غالبا ما تخفق فى الوصول إلى السطح عبر القشرة السميكة هناك.

(*) الماريا maria جمع mare وهى البقع الداكنة الكبيرة على سطح القمر أو الكواكب. (المترجم)



(شكل ٣٠)

التفاوت الواضح بين المناطق المرتفعة على القمر والبقع الداكنة المنخفضة تبينها هذه الصورة لمنطقة مارى انجينى **Mare Ingenii** فوق الجانب البعيد من القمر. والمناطق البيضاء المجعدة تمثل القشرة اليابسة القديمة للقمر والمكونة فى معظمها من الفلدسبار. ولقد حفرت الفتحات الدائرة الضخمة فى هذه القشرة بفعل الرجوم. وفيما بعد غمرت الحمم السائلة هذه الفتحات مكونة تلك السهول الرمادية المستوية القاتمة. وبهذه السهول بضع فتحات صغيرة على سطحها من أثر رجوم متأخرة تالية. والفتحة الدائرية الضخمة المسماة تومسون يصل قطرها إلى ١١٢ كيلومترا ممتلئة بالبازلت الداكن، وتقع شمال شرق منطقة مارى انجينى البالغة ٣٧٠ كيلومترا فى القطر والفتحة التى فى مقدمة الصورة إلى اليمين تسمى زيلنسكى (بقطر ٥٤ كيلومترا)

ومحفورة فى القشرة اليابسة القديمة بالمناطق المرتفعة. وتتابع الأحداث الذى أفرز هذا المشهد يتسلسل كالآتى: من الأقدم إلى الأحدث):

(١) تكون قشرة بيضاء غنية بالفلدسبار فى المناطق المرتفعة.

(٢) شق حوض انجينى.

(٣) تكون فتحة تومسون.

(٤) تكون فتحة زيلنسكى.

(٥) طوفان من حمم البازلت يغمر حوض انجينى وفتحة تومسون

(٦) ظهور فتحات صغيرة بتأثير الرجوم على سطح البقع الداكنة الناعمة بما فى ذلك سلسلة محتملة من الفتحات الثانوية.

(وكالة ناسا AS15-87 الصورة رقم ١١٧٢٤).

يحلو لنا التجادل حول طبيعة تلك البقع الداكنة على صفحة القمر. فقبل رحلات (أبوللو)، غلب لدينا الاعتقاد بأنها ترسبات أو غبار أو مادة شبيهة بالأسفلت، وذلك لأنها شديدة القتامة والانتشار تمتد كشخص مستلق أفقيا فى استواء. ولم يتعرف على طبيعتها الحقة كحمم بازلتية إلا قلة من الراصدين المدققين الأوائل، فقد وجدوا دلائل قليلة على نقاط انبثاق بركانى أو شىء يبدو شبيها ببراكين أرضنا وهذه الندرة فى براكين تشبه البراكين المألوفة لدينا على الأرض ترجع لانخفاض درجة لزوجة حمم القمر. فقد يسر ذلك لها أن تنساب بسهولة – كما الزيت – لمئات الكيلومترات عبر منحدرات لا تزيد زاوية ميلها عن درجة أو اثنتين، وهو ما لم يكن متوقعا. فالحمم البازلتية على الأرض ذات لزوجة عالية، وهى أكثر شبها بالدبس (العسل الأسود) منها بزيت الآلات. لقد ادخر القمر العديد من المفاجآت للجيولوجيين وعلماء الكيمياء الجيولوجية.

وقد علمنا هذا أن لكل كوكب خصوصيته، وحررنا من الأفكار المقولبة التى حصرنا فيها تفكيرنا القائم على أساس جيولوجيا أرضنا المحلية.

٥-١-٤ فى باطن القمر

لقد انبثقت الحمم البازلتية من أعماق باطن القمر لتخبرنا بأن هذا الباطن مكون من مناطق ذات تراكيب متنوعة ومتغيرة. وقد تشكلت هذه النطاقات خلال مرحلة تجمد القمر، حينما أخذت المواد المعدنية المختلفة فى الترسب من الصخور المنصهرة.

ويتصاعد الدليل على وجود لب معدنى صغير، وإن يكن لا يمثل إلا نسبة مئوية ضئيلة من حجم القمر. ولقد كان من أعجب نتائج فحص العينات التى جلبتها رحلات أبوللو، الاستدلال على وجود مجال مغناطيسى قديم - وإن يكن قد زال الآن. لقد أثارت هذه القضية من المجادلات ما لم تثره قضية أخرى (رغم ما كان ينافسها بشدة من مسائل أخرى متعلقة بالقمر). ربما كان الحد الأقصى لشدة المجال المغناطيسى القمرى القديم نحو نصف شدة المجال المغناطيسى الأرضى الحالى. وأكثر الاحتمالات رجحانا هو أن هذا المجال قد تولد داخليا خلال عملية تجمد اللب الحديدى من الحالة السائلة.

٥-١-٥ تركيب القمر

إن دراسة العينة التى أتت بها رحلة أبوللو الأولى من سهول القمر البازلتية الناعمة "بحر الهدوء أو مارى ترانكيليتاتيس" **Mare Tranquillitatis** أسفرت عن كيمياء غير مألوفة عند مقارنتها بصخور الأرض. فباطن القمر جاف جفافا تاما، لا توجد به قطرة مياه. واحتمال وجود الثلج مختفيا فى أعماق الفتحات المتوارية لدى

القطب الجنوبي، الذى رصده رادار المركبة كليمنتين(*)، قد يعكس إضافة حديثة لمسألة عن وجود مياه على سطح القمر مصدرها المذنبات.إلا أن تلك الأرصاد غير مؤكدة.

وقد نفدت من القمر أغلب المواد المتطايرة كالرصاص والكلور على سبيل المثال. وهذا الملمح الخاص فى كيمياء القمر الجيولوجية هو ما يجعل منه حالة فريدة بين توابع الكواكب، وقد فقد القمر كذلك العناصر ذات معدل التطاير المعتدل - مثل الصوديوم - وإن بدرجة أقل، فى حين أنه ثرى بالعناصر الصامدة للحرارة كالكالسيوم والألومنيوم.

٥-١-٦ الحياة على القمر

ليس للقمر جو - طبقا لمفهومنا لهذا المصطلح. ورغم هذه الحقيقة فهناك غلاف متناهى الضآلة، يتكون من رشاش من الذرات التى تتقافز على سطحه بفعل الإشعاع الشمسى. ويطيب لنا أكثر من أى أمر آخر، تناول قضية إمكانية الحياة على القمر.

وتأتى التعليقات التالية من مصادر قديمة، وإن كانت قلما تحتاج إلى تحديث: قال كريستيان هيجنز (١٦٢٩-١٦٩٥) منذ ثلاثمائة عام: "ما من هواء أو غلاف جوى حوله كما هو الحال لدينا. وليس بمقدورى أن أتخيل كيف يتسنى لأية نباتات أو حيوانات تمثل الأجسام السائلة قوام غذائها، أن تنمو أو تصح على أرض جافة عطشى ليس بها ماء"(٤).

(*) مركبة كليمنتين clementine : مركبة فضاء أطلقت للقمر فى ١٩٩٤/١/٢٥ لمسح سطحه وبيان تأثير الفضاء على مكونات المركبة من جراء بقائها فى الفضاء الخارجى لمدة طويلة. (المترجم)

وقد شارك جيمس برين (١٨٢٦-١٨٦٦) بإضافة أخرى قبل ١٥٠ عاما عندما أشار إلى أنه "في ظل ضرورة الماء والهواء للحياة، لا يبقى محل للتساؤل عما إذا كان هذا الجرم مسكونا. إنه يمثل ضياعا عقيما، لسطح يبدى أى ترحيب بالزوار، يذوى عليه ويموت سريعا حتى الحزاز(*)، ذلك الذى يقوى على الحياة فى أتم عافية وسط صقيع "لابلاند"(**) وجليدها .. لا .. ليس بمقدور حيوان فى عروقه قطرة من دماء .. أن يحيا هناك".(٥)

على أية حال فحضارتنا التكنولوجية قادرة على توفير بيئة مواتية لنا هنالك، فالسكنى على القمر، مع الاحتماء بأمتار قليلة من تربة القمر التى تسهل حركتها سهولة حركة رمال شواطئنا الأرضية، لن تختلف كثيرا عن الحياة فى "أنتراكتيكا"، فيما عدا الحاجة إلى توفير الأكسجين والماء.

وتبدو المناطق القطبية على القمر أصلح المواقع لإقامة قاعدة للسكنى هناك، إذ تحظى بعض المواضع عند القطبين لدى حواف الفتحات بأشعة الشمس على نحو مستديم. ومن ثم يتوفر للمرء مصدر لا ينفد من الطاقة الشمسية، وهو اعتبار يعلو على كل ما عداه من متطلبات عند انتقاء موضع للقاعدة، فالمواضع الأخرى تكابد إظلاما دامسًا طيلة أسبوعين من كل شهر.

٥-١-٧ تطور القمر

تم لنا الآن استيعاب الملامح العريضة لكل من تركيب القمر وتطوره، بل إننا نعرف عنهما أكثر مما نعرف عن الأرض. وقبل أن تسلط رحلات أبوللو أضواءها

(*) الحزاز أو الشيبيات lichen : كائنات تعايشية تتكون من تعايش الطحالب الخضراء المجهرية أو الجراثيم الزرقاء مع أنواع من الفطر خيطية الشكل. (المترجم)

(**) لابلاند Lapland : إحدى مقاطعات شمال فنلندا. (المترجم)

الكاشفة، كانت وجهات النظر تتجه إلى اعتبار القمر جرما أوليا. وكان هذا الاعتقاد راجعا - فى المقام الأول - إلى انخفاض كثافته قياسا إلى الأرض. أما الأمر المثير للاندهاش فهو ما اتضح من ثراء العينات التى جلبت من على سطح القمر بالعديد من العناصر. وبدت تلك العينات أكثر شبها بعينات من سطح الأرض بأكثر مما كان متوقعا بالنسبة لجرم أولى. لقد كانت الأجزاء المرتفعة من قشرة القمر غنية حقا بالعناصر الصامدة للحرارة حتى أن نماذج قد ظهرت لتفسير تكون هذه القشرة بأنها طبقة كست السطح فى مرحلة متأخرة (مثل إضافة قليل من الثلج إلى الكعكة). إن انصهار أغلب القمر وتكون طبقة سميكة على المناطق العالية منه قد وقع بعد تكونه مباشرة. ولقد أطلق على هذه الكتلة الهائلة من الصخور المنصهرة "محيط الحمم". ومطلوب أن يبرر ذلك الطبيعة السريعة والطاقة الحيوية العالية التى نشأ بها القمر.

ونحن نفهم - من ناحية المبدأ - عملية تبلُّر هذا المحيط من حمم الصخور المنصهرة. لقد كان الفلدسبار أول المواد المعدنية التى تبلرت، وطفا على السطح نتيجة لانخفاض كثافة بلورات الفلدسبار. وربما انجرفت جبال من صخور الفلدسبار معا - مثل جبال الجليد - وهو ما كان من أسباب الاختلافات فى سمك قشرة القمر فى جانبيه القريب والبعيد. وقد تكون لب هزيل من الحديد فى مركز القمر آخذا معه القليل من عناصر النيكل والبلاتين والذهب التى وصلت للقمر. وفى خلال بضعة ملايين من السنين اكتمل تبلر الدثار القمرى الصخرى، وتكونت مناطق من المواد المعدنية المختلفة والتى نتجت منها فيما بعد الحمم التى تعزى إليها الأجزاء القاتمة من صفحة القمر. وكانت الفضلات المتبقية والناتجة من تبلر القمر غنية بتلك العناصر بحيث لا يمكننا تصنيفها ضمن الخامات المعدنية الشائعة. وقد امتزجت هذه المواد والتى يعرف

خليطها باسم KREEP(*) بقشرة القمر الخارجية عن طريق الرجوم المنهمرة، وهى التى تفسر هذا التركيز الهائل لعناصر مثل البوتاسيوم واليورانيوم فى قشرة القمر. على أية حال فإن غياب (إعادة التدوير) الذى يواكب عملية التكوينات الصفائحية، أدى إلى عدم تركز هذه المواد فى صورة ترسبات بحيث يتسنى لنا تعدينها.

٥-١-٨ الفوهات على سطح القمر

أدى التمحيص فى دراسة القمر إلى إقامة الدليل على حدوث الفوهات مبكرا فى تاريخ المنظومة الشمسية نتيجة الرجوم الهائلة. وإن أكثر الملامح على صفحة القمر إثارة للدهشة هو آثار ارتطامات النيازك به - على كافة المقاييس، ابتداءً من الأحواض الضخمة التى يتراوح قطرها من المئات إلى أكثر من آلاف الكيلومترات وذات حلقات الجبال المشتركة فى مركزها، إلى الحفر بالغة الصغر ذات القطر المقدر بالمايكرونات الناجمة عن النيازك متناهية الضآلة عندما ترجم الحبيبات الراقدة على السطح. ورغم أن الاعتقاد ساد طويلا بأن الفوهات الضخمة نجمت عن نشاط بركانى، فإن إرجاع نشأتها إلى ارتطامات الكويكبات والمذنبات والنيازك قد ارتقى فوق مستوى الشك قبل ثلاثين عاما.

لقد ثارت مجادلات كثيرة حول الأصل وراء شكل سطح القمر وهل هو راجع للرجوم أو البراكين. ولقد لاحظ لابلاس فى عام ١٧٩٦ ببصيرته النافذة المعتادة أن "كل شيء جامد صلب على سطح القمر"، مما أدى بالبعض إلى الاعتقاد بالاستدلال من ذلك على تأثير البراكين (بل وحتى ثوراتها)(٦).

(*) ركبت كلمة KREEP من المقاطع K (رمز عنصر البوتاسيوم)، REE (العناصر الأرضية النادرة Rare Earth Elements)، P (رمز عنصر الفسفور) كدلالة على مكونات الخليط. (المترجم)

لم يأبه الكثيرون بهذا القول الحكيم، وظلوا يرجمون بالغيب عما حدث على القمر حتى أول هبوط لأبوللو على سطحه عام ١٩٦٩ . إن الأرصاد التى أجريت فى حدود ما سمحت به إمكانيات التكبير بواسطة المراقب، لتذكرنا بحكاية "لوويل" عن القنوات المائية المريخية.

وخلافا لحالة الأرض، فقد تكونت أهم الملامح فى تركيب قشرة القمر نتيجة الرجوم الهائلة. وقد أفضى هذا إلى التكوينات الدائرية المنتشرة على سطحه ويتراوح هذا ما بين الحلقات الجبلية إلى الفوهات الدائرية المليئة بالحمم البازلتية الداكنة. وبعد تكون القمر وتجمد قشرته الخارجية منذ نحو ٤٤٤٠ مليون سنة، ارتطمت بالقمر جمهرة هائلة من الأجرام الضخمة (يصل حجمها حتى المائة كيلومتر قطرا) فى بحر الخمسمائة مليون سنة التالية، وكونت هذه الرجوم -على الأقل- ثمانين حوضا دائريا يتجاوز قطر كل منها الثلاثمائة كيلومتر على قشرة السطح الصلبة، وأدت اصطدامات أجرام أصغر إلى ظهور حوالى عشرة آلاف حفرة أخرى تتراوح أقطارها ما بين ٣٠، ٣٠٠ كيلومتر، وهناك مجال لوجود حفر ذات أحجام أصغر. وقد تناقص معدلات هذه الرجوم كثيرا بعدما تكون نهائيا الحوضان المسميان (إمبريوم وأورينتالى).
Imbrium and Oriertale قبل حوالى ٣٨٥٠ مليون سنة ونصف.

والفوهات الهائلة المماثلة على سطوح عطارد والمريخ وتوابع الكواكب العملاقة ترينا أن القمر لم ينفرد بالتعرض لهذه الأحداث الكارثية. فارتطامات الأجرام بها بسرعاتها العالية أحدثت نطاقا من كسارة الأحجار والصخور المؤلفة من شظايا داخل مادة صلبة متبلرة ناعمة على سطح مناطق القمر المرتفعة، ربما يبلغ سمكها بضعة كيلومترات.

وقد تكررت رجوم النيازك للقمر بمعدل أبطأ منذ انتهت حقبة الرشق الهائل. وكان آخر العهد بهذه الأحداث الهائلة - منذ نحو ١٠٠ مليون سنة - هو تكون فوهة "تيخو

"Tycho" بقطر ٨٥ كيلومتــرا. وقد تكونت هذه الفوهة نتيجة ارتطام جـرم له حـجم الجبل الصغير وقطر يبلغ بضعة كيلومترات. وتشـكل المـواد التى تطايرت خـلال هذا الارتطام التشععات البراقة التى تمتد عبر الجانب المـرئى من القمــر، وهى ملمح نشاهده بوضوح على صفحة البدر الكامل وبصفة خاصة إذا ما شـوهد من خلال منظار مكبر. ولم يختلف توقيت هذا الارتطام الهائل بالقمر كثيرا عن الكارثة الشـبيهة التى حلـت بكـوكب الأرض وأبـادت من فـوقـهـا الديناصـورات وغـيـرها من الكائنات.

وهناك تباين كبير بين بقاء الفوهات التى حدثت على سطح القمر لحقب مديدة، وسرعة زوال مثيلاتها من سطح الأرض. فمنذ نحو ٣٥ مليون عام اصطدم كويكب ما بالمنطقة التى أصبحت الآن فتحة خليج تشيسابيك Chesapeak Bay على السـاحل الشرقى للولايات المتحدة، وحفر هذا الاصطدام فتحة اتساعها ٩٠ كيلومترا قطرا (أى تضارع فوهة "تيخـو"). لقد تناثر من الارتطام شظايا زجاجية المظـهر من التكتايت tektites(*) انتشرت حتى تكساس. وبخلاف الفوهات المتكونة على القمر التى لم تطلها يد التغيير إلى أن حطمتها رجوم تالية، سرعان ما امتلأت الفتحة فى خليج تشيسابيك بالترسبات فاختفت عن الأنظار، ولم يتم اكتشافها إلا حديثا من خلال الاستشعار الجيو- فيزيائى للتكوينات تحت السطحية وبدراسة العينات المجلوبة من هناك بالثقب. وفى ذات الوقت، تبقى فوهة تيخـو التى تزيد عليها فى العمر ثلاث مرات، دون مساس بأشعتها الآسرة عبر صفحة القمر.

(*) هى أجسام زجاجية كروية صغيرة من السليكات ذات لون يتراوح من البنى القاتم إلى الأخضر. (المترجم)

٥-١-٩ أصل القمر

لقد تحولت مشكلة أصل القمر وتطوره إلى تمرين عقلي طريف. وتستحضر محاولات تفسير الظواهر الطبيعية المعقدة الكثير من المهارات، لكن القمر مثّل - على نحو خاص - نموذجا عسيرا. ولقد غلب على البيانات والفهم العام، في كثير من الأحيان - الانطباعات المتعجلة والمعتقدات الخاطئة.

وطبقا لما أثبته فحص العينات المجلوبة من القمر فشلت كل النظريات التي كانت قائمة قبل رحلات "أبوللو" لأسباب عديدة، فنبذت الافتراضية القائلة بأن القمر كان موجودا قبل أن تقتنصه الأرض، إذ تبين مدى صعوبة استحواذها على القمر باعتبار مداره الحالي حول الأرض.

وفي هذا النموذج كان ينبغي أن تتكون كيمياء القمر التي تثير الفضول في مكان آخر جد بعيد. وهكذا فإن الإشاحة عن النظر إلى المشاكل لا يكفل حلها.

والتشابه في الكثافة بين القمر ودثار الأرض من السليكات قد أطلق للتخمينات والتأملات العنان، فإذا عدنا إلى ما قال به جورج داروين (١٨٤٥-١٩١٢) وهو الخامس بين أبناء تشارلز داروين فإن القمر قد نشأ من دثار الأرض الصخري في أعقاب تكون لبها.

هذه الافتراضية بانشطار القمر عن الأرض وعائدية مادته إلى دثارها تجابهها صعوبتان أساسيتان. فسرعة دوران المنظومة الثنائية من الأرض والقمر رغم كبرها، لا تكفي، فهي ربع المقدار اللازم لمثل هذا الانشطار كي يحدث. أما الاعتراض الثاني فهو أكثر دلالة. فنماذج الانشطار قد أصبحت أكثر النظريات عرضة للاختبار بعد جلب عينات من القمر، فقد كان من المفترض طبقا لهذه النماذج أن تحمل الكيمياء القمرية بعض السمات المتعارف عليها لدثار الأرض الصخري. على أية حال فتركيب القمر

يعاند بشدة ويستعصى على ذلك، رغما عن محاولات الجيو-كيميائيين البطولية للتوفيق بينهما.

وهناك نماذج الكوكب الثنائى التى تربط بين تكون القمر والأرض وهى أيضا تجابه صعوبتين متماثلتين: فذلك يخفق فى تفسير سرعة دوران منظومة الأرض والقمر العالية، كما يخفق فى تفسير الفرق بين كثافتيهما، إلا أنها تفسر على أية حال تشابه نظائر الأكسجين فى كل من الأرض والقمر.

وما زال هناك نموذج نظرى آخر بتكون القمر من حلقة من الركام الصخرى المتخلف عن تحطم كويكبات قادمة، لدى وصولها داخل "حد روش" Roche limit(*). ومن المفترض أن هذه العملية تنتج عنها حلقة من حطام الصخور المتهشمة فيما حول الأرض، وأن بواطنها الحديدية الأعلى متانة قد التحمت معا وتحطمت على سطح الأرض. ويلوح هذا شبيها بتكون الحلقات أكثر منه شبها بتكون الأقمار. ولو كان أى من هذين الفرضين يمثل ملمحا عاما لعملية تكون الكواكب، لأدى ذلك إلى وجود التوابع - مثل القمر - فى كل مكان ولحظيت الزهرة هى الأخرى بتابع قمرى.

ما من نظرية من هذه النظريات تبرر الطبيعة الفريدة لمنظومة القمر والأرض الثنائية، فهما متفردان بسرعة دورانهما معا وبشذوذ مدار القمر. وشأنها شأن سفينة تصطدم بصخرة فى أثناء إبحارها، غرقت جميع هذه النظريات. إن الأجرام غير المألوفة كقمرنا تستدعى - بالمثل - إرجاعها إلى أصل غير مألوف.

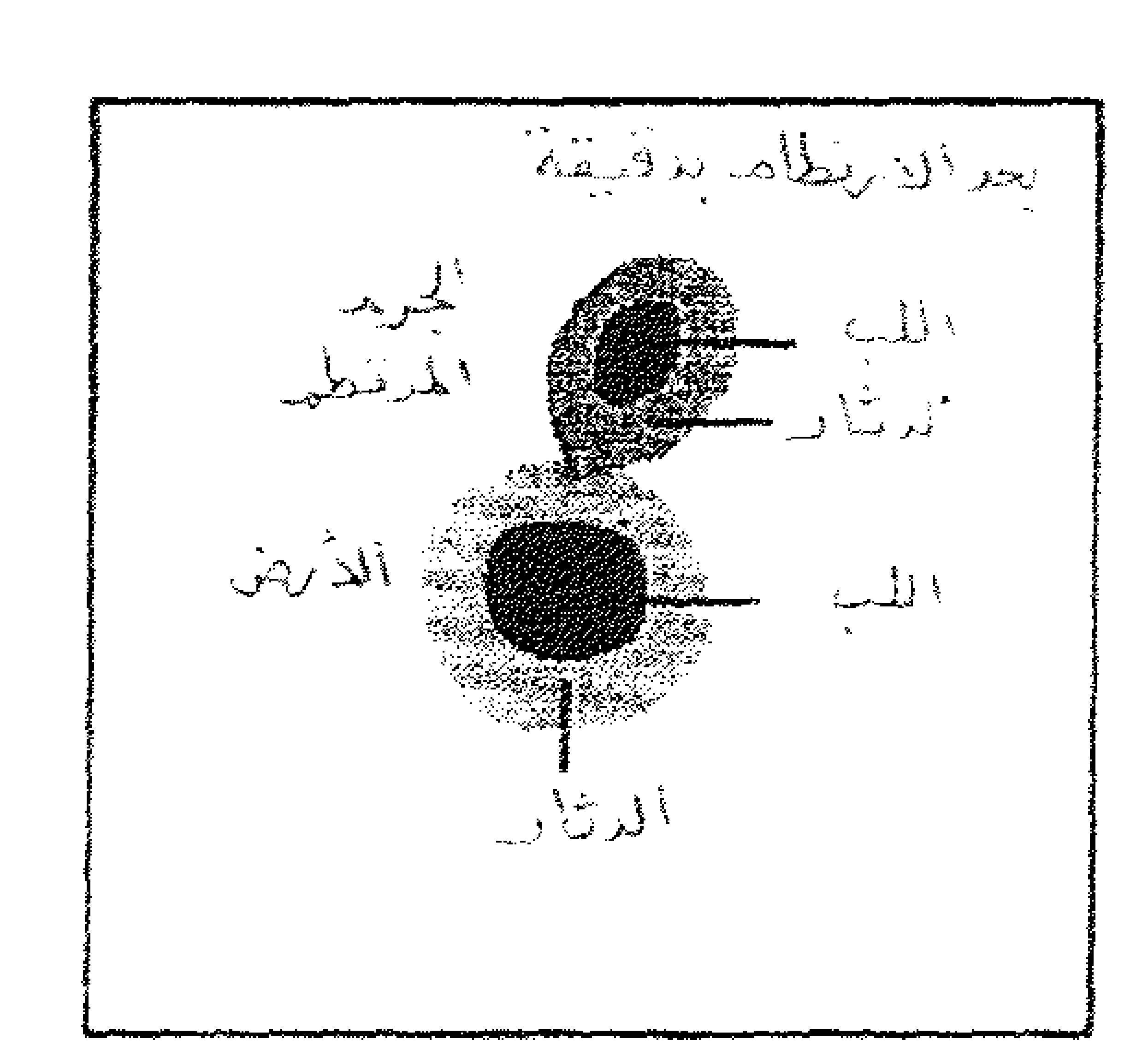
(*) حد روش Roche Limit هو أقل مسافة من مركز الكوكب يمكن لتابع أن يقترب بها فى دورانه حول الكوكب دون أن تدمره القوى المدية tidal forces. (المترجم)

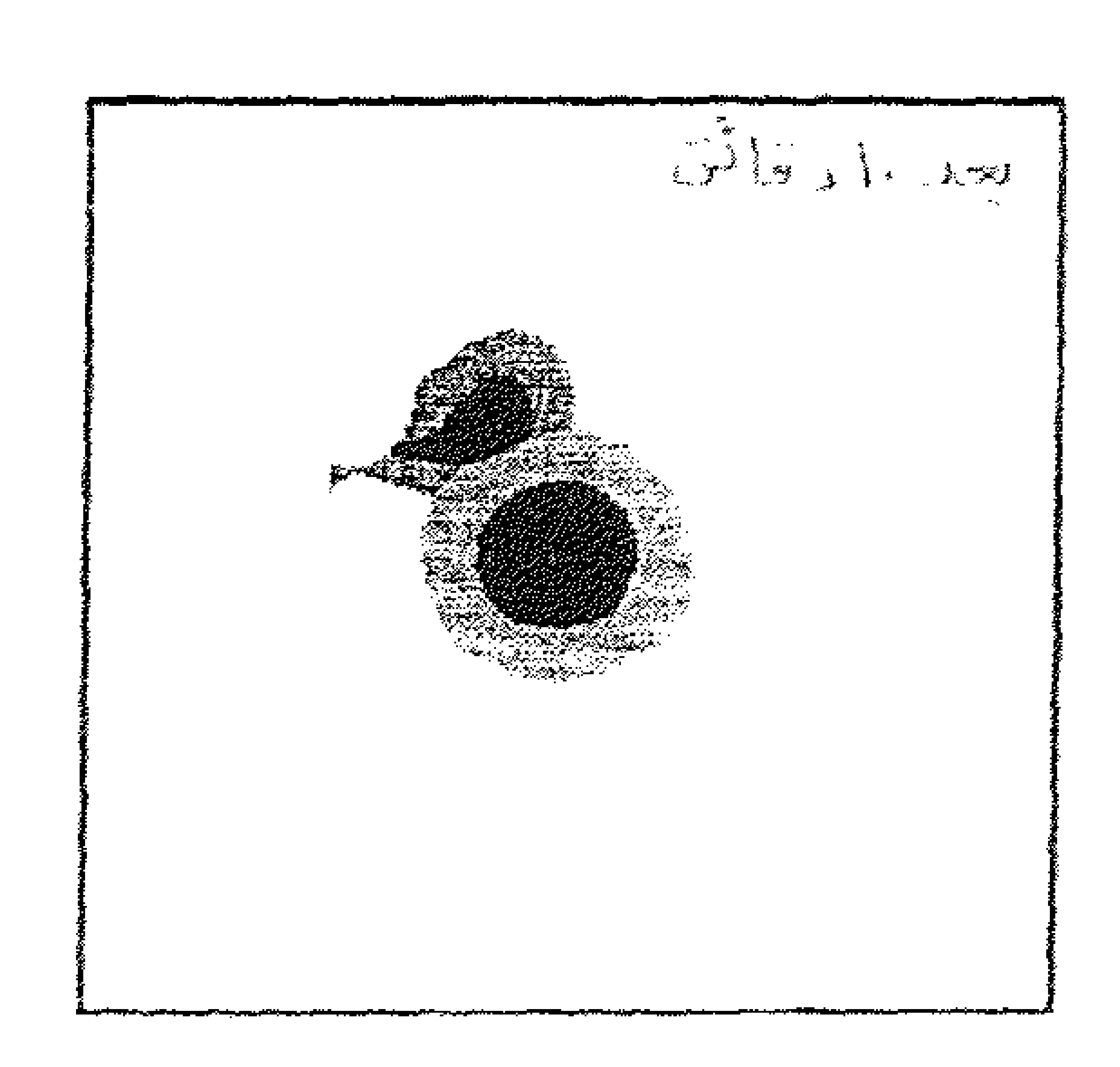
٥-١-١٠ اصطدام مفرد عنيف بالأرض

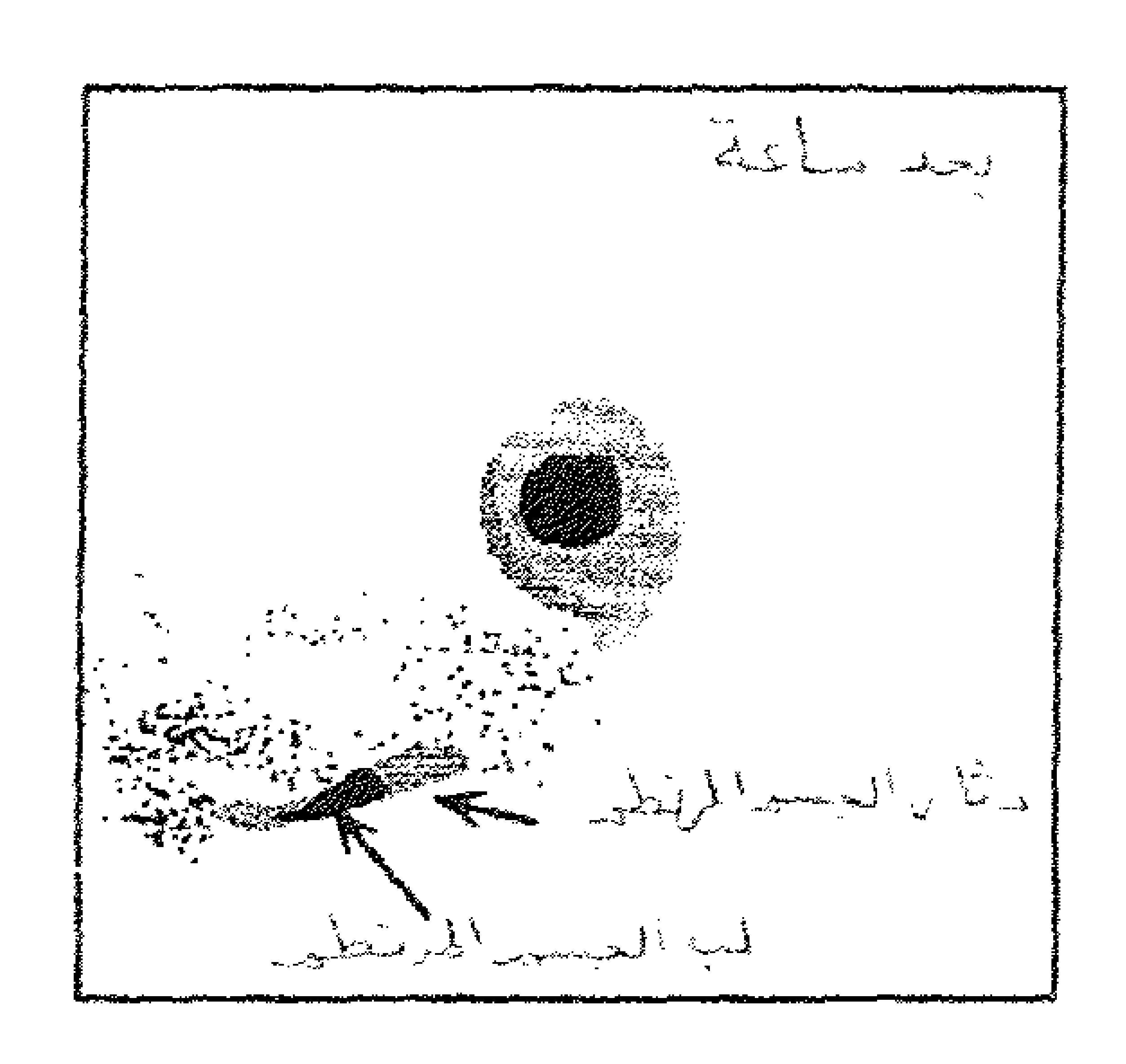
ثبطت صعوبة افتراض نموذج عن أصل القمر يحقق كل الشروط من تجميع كل المعلومات عن القمر. بيد أن هناك شبه إجماع يبدو وشيكا على نظرية ما. فمعدل الدوران السريع للأرض والقمر ما كان له أن يحدث فى ظل اصطدامات خفيفة. وعلى أية حال، ربما فسر ذلك اصطدام واحد كبير. ومهما يكن، فعلى المرء أن يتجاوز بمراحل عديدة نطاق التفكير فى الأثر الذى خلفه الارتطام الهائل فى هيئة "بحر القمر الشرقى" **Mare Orientaee** لكى يصل إلى فرضية "الاصطدام المفرد العنيف" لتفسير أصل القمر (انظر شكل ٣١).

لقد اقتضى هذا المفهوم إلماما شاملا بنواح ومجالات مختلفة. فيتعين أن يكون الجسم المرتطم أكبر من المريخ. وعندما اقترحت هذه النظرية للمرة الأولى، لم يستسغ الكثيرون فكرة كبر الجرم المرتطم إلى هذا القدر. على أية حال فنظرية "الارتطام العنيف المفرد" تحل العديد من المشاكل التى تلازم مسألة أصل القمر. وأقرب الافتراضات للتقبل أن يكون للجرم المصطدم كتلة تعادل ١٥٪ من كتلة الأرض وأن يرتطم بالأرض بسرعة خمسة كيلومترات فى الثانية. ويفترض أن لكل من الأرض والجرم المصطدم بها لبا حديديا ودثارا صخريا إبان الارتطام ويسفر الاصطدام عن تهشم الجرم المصطدم، وتنطلق أغلب مادة دثاره الصخرى فتدور حول الأرض. وتزداد سرعة هذه المادة، فيما تتباطأ سرعة اللب المعدنى بالنسبة للأرض. ويهوى اللب الحديدى إلى الأرض بعد نحو ٤ ساعات.

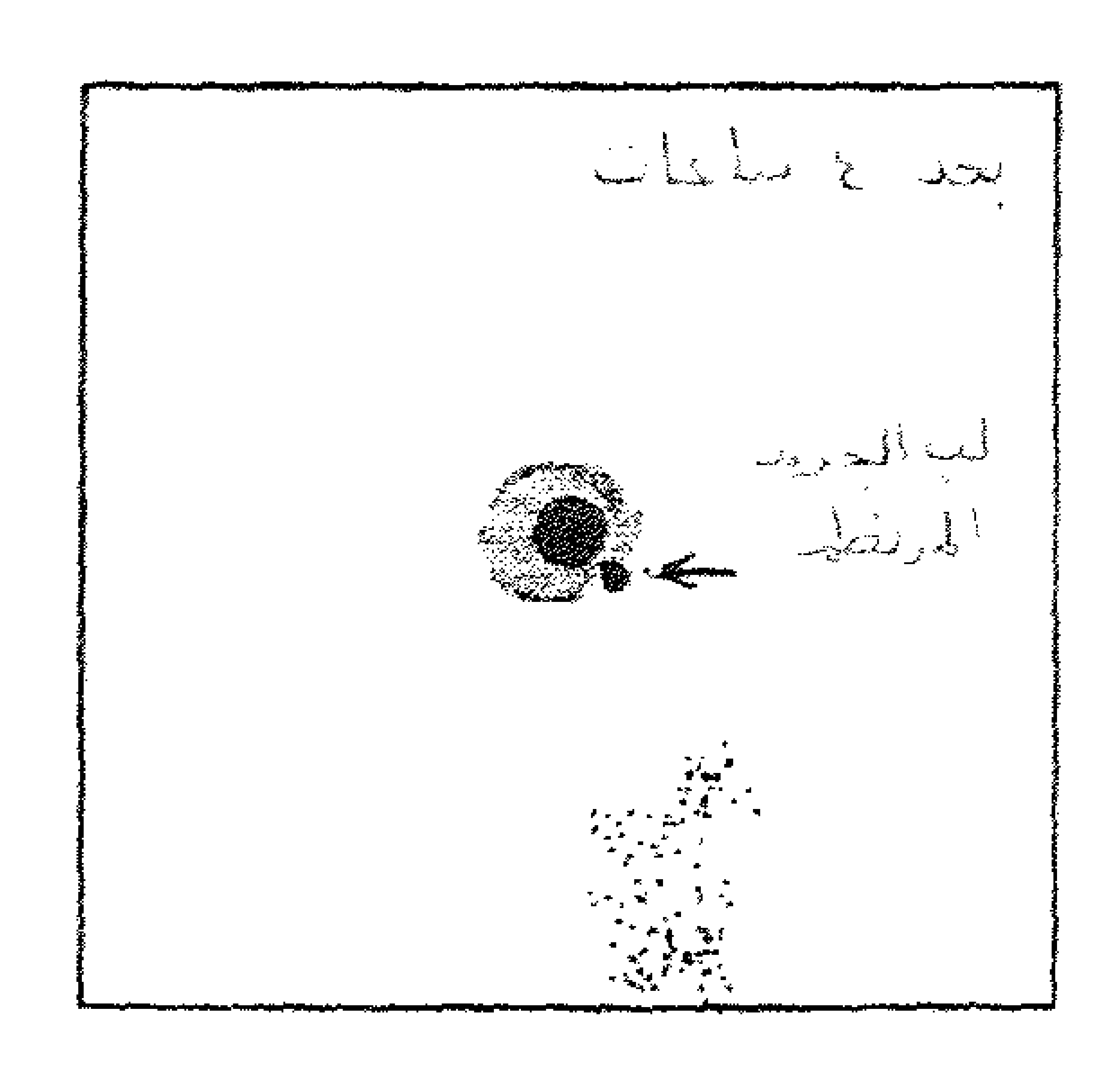
شكل ٣١: النموذج النظرى الحالى لتكون القمر. وهى محاكاة بالكمبيوتر لتكون القمر من خلال ارتطام جرم كتلة ١٤٪ من كتلة الأرض بشكل مائل وبسرعة ٥كم/ث. تمايز كل من الأرض والجرم المصطدم إلى لب معدنى ودثار من السليكات. وتبين الأشكال فى الأطر المراحل التى تلت ذلك.

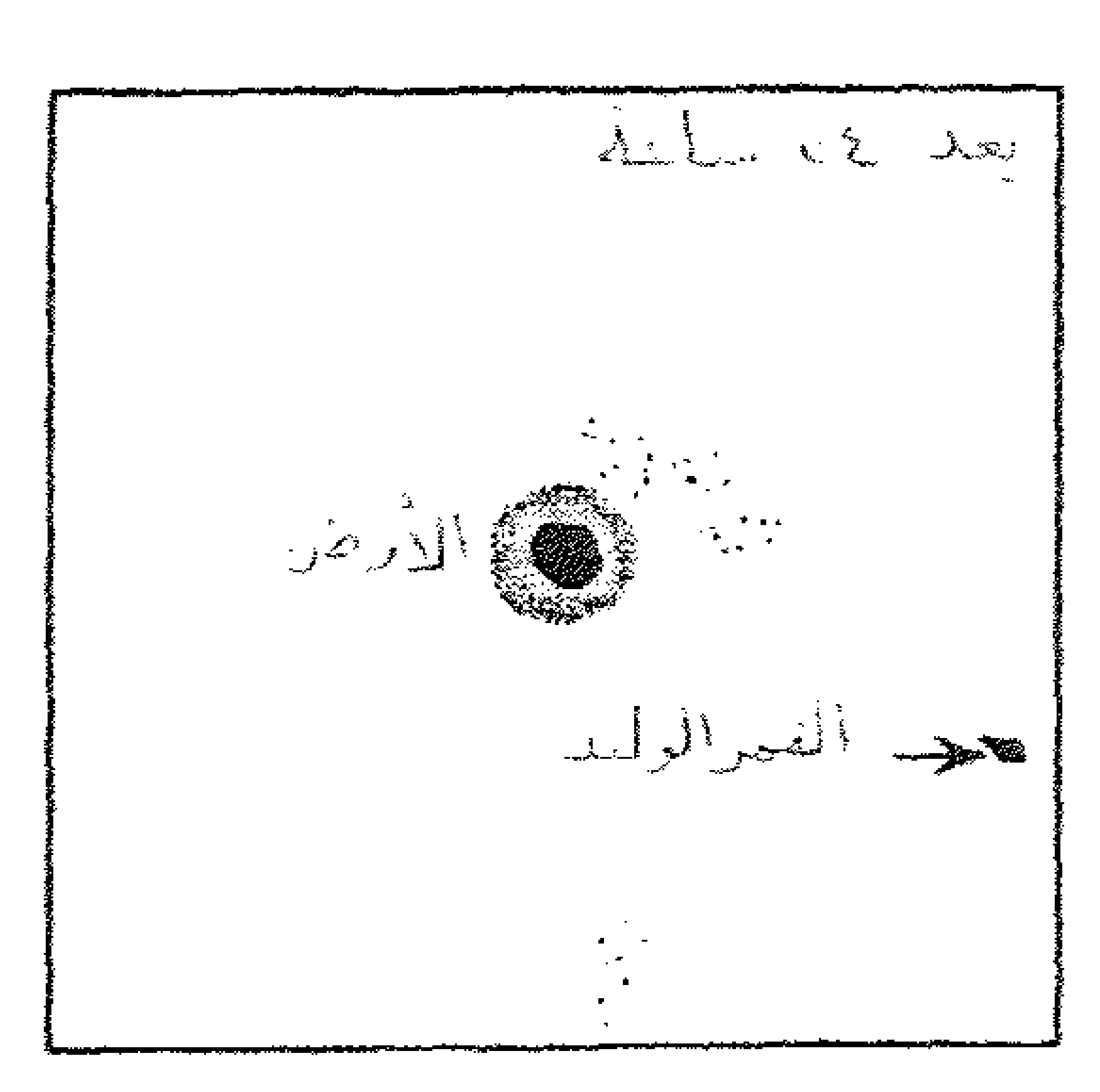

بعد الارتطام بدقيقة
الجرم المرتطم
اللب
الدثار
الأرض
اللب
الدثار


بعد ١٠ دقائق


بعد ساعة
دثار الجسم المرتطم
لب الجسم المرتطم


بعد ٢,٢ ساعة
لب الجرم المرتطم


بعد ٤ ساعات
لب الجرم المرتطم


بعد ٤٠ ساعة
الأرض
القمر الوليد

شكل (٣١)

فبعد الارتطام تناثر الجرم فى الفضاء، إلا أن حطامه تجمع ثانية بتأثير قوى التجاذب. وانفصل اللب الحديدى للجرم عن دثار السليكات والتحم بالأرض فى بحر أربع ساعات من الصدام الأول. وبعد ٢٤ ساعة من الصدام دارت كتلة من السليكات لها مثل كتلة القمر حول الأرض، وهذه المادة أتت أساسا من الدثار الصخرى للجرم المصطدم (بتصريح من أ. ج.و كاميرون، و.بينز - معهد سميثسون للفيزيائيات الفلكية).

وليس من المعروف ما إذا كان الدثار الصخرى المتبقى قد كون أقمارا أصغر أم أنه التحم بسرعة بالقمر، إلا أن النهاية تمثلت فى قمر منصهر تماما. وينتهى الأمر بجزء ضئيل من دثار الأرض إلى الاندماج بالقمر. وحيث أن النظرية تفترض تكوين القمر فى الأساس من الدثار الصخرى للجرم المصطدم (الذى يقارب فى حجمه كوكب المريخ). فإن هذا المعتقد قد أتى بالقول الفصل (وحل العقدة الجوردية(*) **The Gordian Knot** التى تربط القمر الأرض). لقد تمخض الارتطام الضخم عن مقدار جبار من الطاقة كان كفيلا بتبخير معظم المادة التى تكون منها القمر فيما بعد. ويفسر هذا بطبيعة الحال هذه الملامح الجيوكميائية الفريدة مثل جفاف القمر تماما من المياه، والشح الشديد فيه لعناصر سريعة التطاير. وأخيرا وكواحد من توابع نظرية" الاصطدام العنيف الأوحد" لتفسير نشأة القمر، أفضت الطاقة الجبارة المتولدة عن الحدث إلى انصهار دثار الأرض، ذلك الانصهار الذى يبدو نتيجة حتمية لاندماج الكواكب الكبيرة.

(*) تعبير يقصد به"أتى بالحل القاطع"، ولتفسير الأصل التاريخى لهذا المصطلح يرجى الرجوع لهوامش المؤلف. (المترجم)

والمطلب الأول لتحقق هذه الفرضية هو بالطبع وجود مدد من الأجرام ذات الحجم الملائم ترجم الأرض. ولحسن الطالع تتعدد الاستدلالات التى تدعم هذه النظرية، من ميول محاور الكواكب بما يدل على سابق وجود أجرام فى حجم المريخ فى الجزء الداخلى من المنظومة الشمسية. ومن العسير حقا أن تخضع الأحداث الفريدة فى نوعها لضوابط العلمية.

ومع كل ورغم أن تفاصيل حدث نشوء القمر لا يمكن التكهن بها، فقد كانت الرجوم الهائلة فى التاريخ المبكر للمنظومة الشمسية أمرا شائع الحدوث. ولم يستدع الأمر أكثر من أن أحدها كان ذا حجم ملائم واصطدم بالأرض بالسرعة وبالزاوية المناسبتين بما كفل نشوء القمر.. ذلك الجرم الذى طالما كان مصدراً للإلهام للشعراء.. وللأميرات أيضا.

٥-١-١١ تأثير القمر على الأرض

للارتطامات الضخمة مثل تلك التى تولد عنها القمر تأثيراتها العديدة ذات الدلالات في جعل الأرض بيئة مواتية لاحتضان الحياة. فقد أزال الاصطدام كل غلاف جوى سميك كان – فى الأصل – موجودا. ويتسبب ميل محور كوكبنا – وهو على الأرجح من توابع هذا الاصطدام – فى الاختلافات الفصلية المعهودة. ودوران الأرض السريع حول نفسها بالنسبة لدوران الزهرة البطئ يزودنا بتعاقب الليل والنهار وبفروق فى كمية الضوء خلالهما وفروق أقل فى درجة الحرارة بينهما وبظروف أكثر مواتاة لتطور الحياة مما لو طالت أو قصرت مدة كل منهما.

ولقد زاد طول النهار زيادة طفيفة مع مرور الزمن بابتعاد القمر تدريجيا عن الأرض، مما أبطأ من دوران كوكبنا بتأثير القوى المدية مع هذا الابتعاد. فقبل زهاء

بليون سنة عندما كان القمر أدنى للأرض بمقدار ٣٥٠٠٠كيلومتر عن بعده الآن كان النهار يطول لمدة ١٨ ساعة.

ولعل القمر يساهم كذلك فى استقرار ميل محور الأرض، بخلاف المريخ الذى يترنح حول محوره. فالاختلافات الواسعة فى ميل المحور تؤدى إلى تفاوت مقدار ضوء الشمس الذى تتلقاه مختلف المناطق. والتغيرات فى المناخ المصاحبة لذلك تتسبب- افتراضا- فى ظروف بيئية قاسية على الحياة، ويضيف ذلك عاملا آخر يتعين مراعاته فى بحثنا عن الكواكب المناسبة لسكنى البشر فى المنظومات الكوكبية الأخرى. هذا علاوة على الدور الأساسى الذى يلعبه القمر فى إحداث موجات المد والجزر بمحيطات الأرض.

٥-٢ عطارد

٥-٢-١ سمكة الرنكة الحمراء

غالبا ما يظن فى صعوبة مشاهدة كوكب عطارد الضئيل بالعين المجردة. وفى الواقع فإن قربه من الشمس يجعل أثره يضيع غالبا فى وهجها. على أية حال فيمكن رؤيته بعيدا عن أضواء المدينة - فيما نسميه نجمة الصباح والمساء. وهو لا ينافس بحال الزهرة فى التألق، فهو أبعد منها عنا، كما أن كتلته لا تزيد على واحد على العشرين من كتلة الأرض.

ونحن لم نفطن إلى طبيعة عطارد الغريبة إلا مؤخرا. ومثله مثل القمر- فقد لعب دور سمكة الرنكة الحمراء(*) فى محاولاتنا لتفهم المنظومة الشمسية. ولقد كانت كثافة عطارد العالية والتى تزيد على كثافة أى كوكب آخر بمثابة الفخ الذى وقعنا فيه. فهو أقرب أعضاء المجموعة الشمسية للشمس. ولذلك فهو ملائم تماما ليندرج ضمن أى مخطط شامل لهذه المجموعة. وفى هذا السيناريو، أدى قربه من الأتون الشمسى إلى أن حدث له ما يشبه"الطهى"، ففقد كل غاز أو ماء أو مواد أخرى سهلة التطاير. ومناطقه البعيدة عن الشمس، الأبرد قليلا، أقل كثافة، وتحتوى على الكثير من الغاز. ورغم ما فى هذه الصورة البسيطة الجذابة من عناصر الحقيقة، إلا أن العديد من الصعاب تكتنفها، كما ذكرت آنفا.

(*) سمكة الرنكة الحمراء Red herring تعبير فى اللغة الدارجة يقصد به الشيء المراوغ أو المحير. (المترجم)

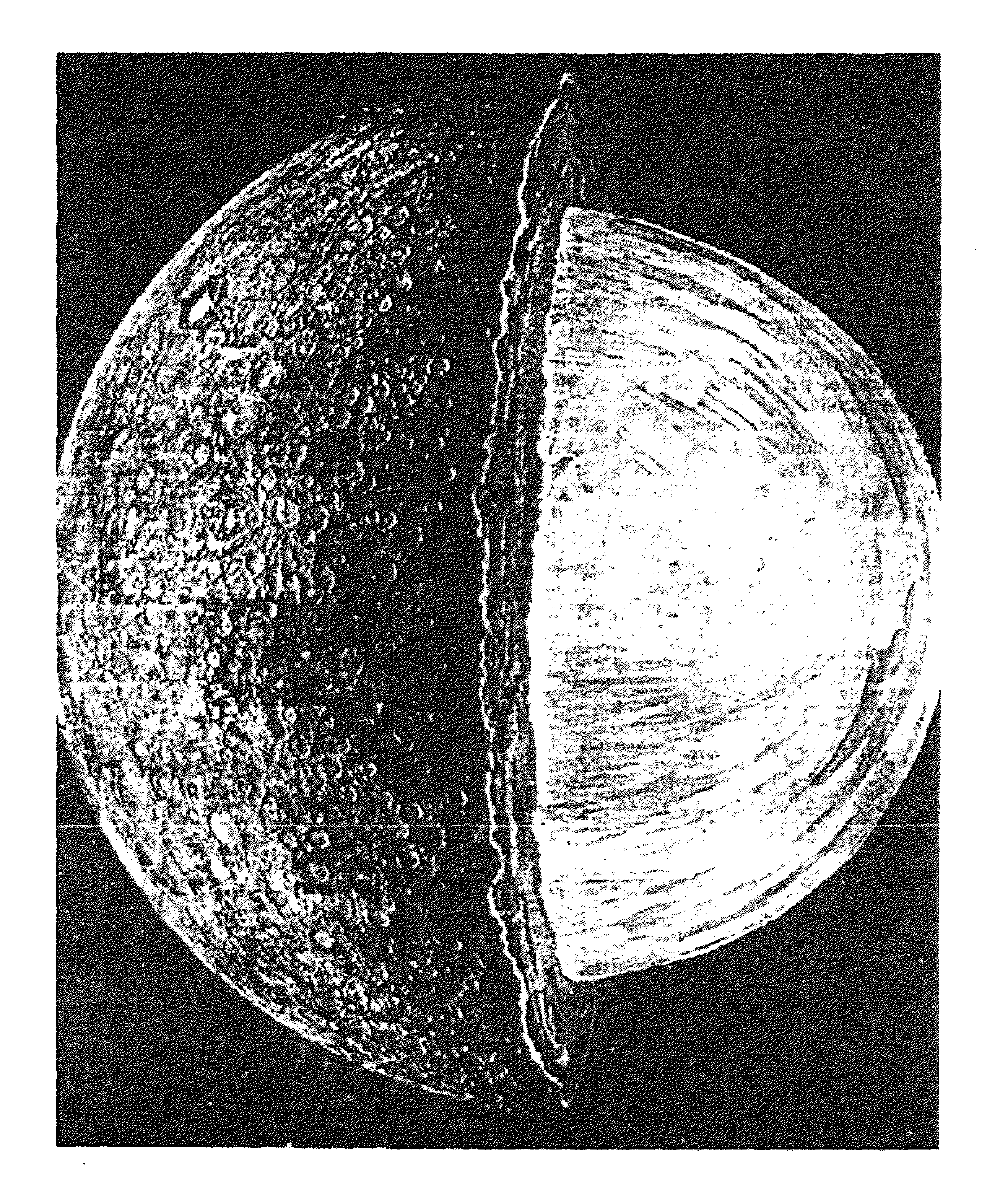
٥-٢-٢ الكثير جدا من الحديد، والقليل جدا من الصخور

إن اقتران الكثافة العالية بوجود مجال مغناطيسى وسطح صخرى ينبئنا أن هذا الكوكب الصغير سبق له أن انصهر، وتمايز تركيبه إلى لب حديدى ضخم ودثار صخرى (انظر شكل ٣٢). وتكمن المشكلة فى أن كثافة عطارد العالية تستوجب أن تكون نسبة الحديد إلى الصخور فيه ضعف مثيلتها فى الكواكب الداخلية الأخرى.

ونحن نعرف أن سطحه صخرى، ومغطى بطبقة من الغبار وكسارة الحجارة التى تماثل كثيرا طبقة القمر السطحية، حتى أن الصور التى التقطتها لها مركبات الفضاء التى أطلقت عام ١٩٧٤ كثيرا ما يعتقد أنها - بالخطأ - تخص القمر، والقياسات المعقدة التى أجريت على الضوء المنعكس على سطحه تبدو شديدة الشبه بما يشاهد من انعكاس من أراضى القمر العالية الغنية بمادة الفلدسبار.

والسطح بالغ القدم ومكسو بالفوهات والأحواض نتيجة الرجوم، ويصل عمره - على أقل تقدير - لعمر قشرة سطح المرتفعات القمرية التى تتجاوز كثيرا الأربعة بلايين عام.

ومعدن الحديد - وهو المسئول عن ارتفاع الكثافة - لا يوجد على السطح، ولكنه متوار داخل اللب المعدنى الضخم الهائل إذا ما قورن ببقية أجزاء الكوكب. فهو يشغل حوالى ثلاثة أرباع حجمه الإجمالى، وعلى النقيض من ذلك لا يحتل لب الأرض - وهو أكبر حجما من لب عطارد- سوى ربع حجم الأرض الداخلى.



شكل (٣٢)

التكوين الداخلى لعطارد ويظهر اللب الحديدى الضخم والدثار الصخرى الرقيق. والسطح مغطى بالفتحات الناتجة عن الرجوم من نيازك وكويبات ومذنبات.

٥-٢-٣ مجال مغناطيسى - على غير المتوقع

لقد كان كشفا غير متوقعا بالمرة، أن لعطارد مجالا مغناطيسيا ,وهو وإن كان أضعف بما لا يقاس بمجال الأرض، إلا أنه يجبهنا بمعضلة شائقة. فنحن نعتقد أن مجال الأرض المغناطيسى قد تشكل نتيجة نوع من الحراك فى لبها المعدنى السائل، أما عطارد فإنه من الصغر بحيث أن الرأى العلمى العام يحتم أن يكون الكوكب قد تجمد إلى الحالة الصلبة منذ آماد وآماد.

ومما يثير الفضول، أن الزهرة ذات الحجم المضاهى لحجم الأرض ليس لها مجال مغناطيسى. ربما يحتوى لب عطارد من الكبريت ما يكفى كى يبقيه فى الحالة السائلة. ولكن إذا كان الأمر كذلك فلماذا لم يسلك كوكب الزهرة نفس السبيل؟

إن هذه الظاهرة المغناطيسية لتحيرنا كما حدث لويليام جيلبرت (١٥٤٤-١٦٠٣) الذى دون عام ١٦٠٠ نصه الكلاسيكى عن المغناطيسية، والأجسام المغناطيسية، والمغناطيس الأعظم.. الأرض.

٥-٢-٤ مدار غير مألوف

وينفرد عطارد بملامح مميزة أخرى. فمداره أبعد مدارات الكواكب عن الشكل الدائرى. لقد كان المفترض لكوكب صغير، شديد القرب من الشمس ذات الكتلة الهائلة أن يكون مداره أكثر المدارات انتظاما فى المجموعة الشمسية. وعلاوة على ذلك فمدار هذا الكوكب الضئيل فى طوافه حول الشمس يميل بأكثر من سبع درجات عن المستوى الذى تقع فيه الشمس والأرض. ويتوجب على أية نظرية عن منشأ عطارد أن تفسر كلا من هاتين الحقيقتين.

ولقربه البالغ من الشمس فقد كُبح دوران عطارد حول محوره بسبب جاره العملاق، تماما كالقمر الذى لا نرى له إلا وجها واحدا. على أن حالة عطارد تختلف يسيرا عن حالة القمر.

فهو يدور حول نفسه بمعدل ثلاث مرات لكل دورتين له حول الشمس (وكأنه يتوخى أن يتم (خبز) سطحه جيدا فى درجة حرارة تكفى لصهر معدن الرصاص). ولا ينجو من وهج الشمس إلا قيعان بعض الحفر العميقة عند القطبين. وبالنظر إلى انعدام أى غلاف جوى ذى تأثير فعال فإن هذه الحفر العميقة تبقى فى درجة حرارة دون نقطة تجمد الماء. وربما تشير بعض الانعكاسات بالرادار الموجود على سطح الأرض إلى وجود بعض الثلوج المحتبسة التى قد تكون وصلت إلى هناك عن طريق المذنبات.

ويلوح من الغريب أن يتواجد ثلج على مقربة من الشمس. وكشأن التقارير عن وجود ثلج على القمر، يلزمنا المزيد من التيقن قبل الرحيل إلى هناك، حتى لا نكون مثل الرحالة فى صحارى يتوهمون بها واحات خيالية.

٥-٢-٥ سهول عطارد القاحلة

رغم البثور التى تكسو معظم السطح فى هيئة فوهات، فهناك على سطح عطارد بعض السهول الرحبة. وقد تواصل الجدل طويلا حول أصل هذه السهول، فيعتقد البعض أنها تكونت كصفائح من حطام الصخر المتناثر بفعل الرجوم، فى حين يقترح آخرون لهذه السهول تكوينا من الحمم، شأنها شأن البقع الداكنة التى نشاهدها على صفحة القمر. وفى النهاية، وما دامت الكواكب الداخلية الأخرى سخية فى إفراز حمم البازلت، فعلام نستثنى عطارد من ذلك؟ على أية حال فإن لون سهول عطارد شديد النصوع، بما يختلف عن لون سهول القمر الداكنة ذات الحمم البازلتية.

وفى ضوء العنف الذى يرجح أنه اكتنف تاريخ عطارد الباكر، لا يبدو من الحكمة أن نطبق البيانات التى استقيناها من الأجرام الأخرى كى نفسر طبيعة تركيب سطحه. والنماذج النظرية الحالية عن أصل عطارد تقترح أن أغلب دثاره الصخرى قد أزاله اصطدام هائل زلزل الكوكب. وبالتالى فإن التركيب الناتج من إعادة تجمع الحطام المتخلف ربما كان مختلفا مقارنة بالدثار الصخرى للكواكب الأرضية الأخرى. ولعل دثار عطارد أكثر صمودا للحرارة من القمر والزهرة والمريخ والأرض. وتبعا لذلك فإن الحمم التى انبثقت من جوفه فريدة هى الأخرى فى نوعها. فى وقت أكثر تبكيرا، دارت مجادلات مشابهة حول اللون الناصع الذى يميز مرتفعات سطح القمر، إذ ظن الكثيرون أنه نتيجة ثورات بركانية. وعلى كل حال، فقد تبين -بعد زيارة رواد الفضاء على متن أبوللو١٦- أنها حطام لصفائح متخلفة من الرجوم العنيفة. إن خبرتنا السابقة هذه فى محاولة التعرف على تركيب سطح القمر عن طريق الصور الملتقطة له، جديرة بأن تجعلنا أكثر حذرا. فقبل صعودنا للقمر، تحقق عالم واحد على الأقل من أن "سطحا ما لا يمكن توصيفه من لوحة له، ويبقى القمر لغزا مبهما على كل الأصعدة"(٨).

ويتلخص رأيى أنا الشخصى فى أن سهول عطارد الناعمة قد تشكلت من صفائح الحطام الذى تبعثر من جراء اصطدام عنيف. ويدعم وجهة النظر هذه ما حصلنا عليه من فحص الأطياف فى نطاق الموجات متناهية الصغر لسطح عطارد. فلا تظهر فى هذه الأطياف أية دلالات على وجود حديد أوتيتانيوم، وهما عنصران محوريان فى الحمم البازلتية. وتشبه الأطياف - إلى حد كبير - تلك التى نحصل عليها لمرتفعات القمر. ومن ثم، فلعل لعطارد قشرة خارجية من الفلدسبار.. أسوة بالقمر.

٥-٢-٦ كوكب متقلص

إن أحد أكثر الملامح إثارة للفضول فيما يخص عطارد، وهو ما استدللنا عليه من سابق وقوع انكماش طفيف فى نصف قطره لدى المراحل المبكر من تاريخه. وملمح آخر ينفرد به الكوكب، ولا نراه فى أى كوكب آخر، وهو وجود عيوب فى شكل خنادق (أخاديد) شديدة الانحدار، محفورة عبر سطحه، يبلغ ارتفاعا نحو الكيلو متر وعدة مئات من الكيلومترات طويلا.

إنها تنبئنا بأن الكوكب قد اعتراه انكماش فى نصف القطر بما يتراوح ما بين الكيلومترين والأربعة كيلومترات. ويعود معظم الانكماش إلى تبريد دثاره وقشرته الأرضية ثم تجمدها حول اللب الحديدى الضخم.

وتقطع هذه الأخاديد الفوهات والسهول ما بين الفوهات الأقدم عمرا. أما الفوهات الأحدث والأصغر عمرا فتقطع الأخاديد، وتبدو بعض السهول الناعمة أصغر عمرا. ومن ثم فإن التقلص قد وقع قرب نهاية حقبة انهمار الرجوم، ولا بد أنه حدث قبل أربعة آلاف مليون سنة، ثم استمر نصف قطر عطارد على وضعه بعد هذا الانكماش المبكر لأربعة ملايين عام على الأقل.

٥-٢-٧ أصل عطارد طبقا لفرضية الارتطامات

كانت القوة الدافعة وراء الاقتراحات السابقة لتفسير ملامح عطارد ذات الطبيعة الغريبة، الحاجة إلى تبرير كثافة الكوكب العالية. فهذه الكثافة الفريدة فى ارتفاعها لعطارد جذبت بشدة وعنف انتباه واضعى النماذج النظرية للمنظومة الشمسية ومبتدعى النظريات الموحدة الكبرى عن أصل المنظومة.

لقد كانت كثافة عطارد العالية بمثابة فخ آخر، شأنها شأن التماثل بين كثافتي القمر ودثار الأرض الصخرى. ولقد أفضى ذلك إلى استنتاجات خادعة بل ومثيرة للسخرية وفي ضوء الأمل فى الوصول للحقيقة عن أصل عطارد، قاد ذلك الفخر العلماء -ابتداء من جورج داروين فى أواخر القرن التاسع عشر، وحتى يومنا هذا - إلى نتائج مضللة.

ولقد انخدع جميع أصحاب المحاولات المبكرة لتفسير تركيب عطارد، وبالذات بوفرة ما يحتويه من حديد، انخدعوا بقرب الكوكب من الشمس. وكان ذلك لأن الكوكب ظاهرة يمثل أقصى حلقات تسلسل الكواكب ما بين كواكب داخلية ذات كثافة عالية إلى أجرام المنظومة الشمسية الخارجية ذات الكثافة المنخفضة.

ولقد لاح هذا التباين التدريجى متوائما مع ميل درجة الحرارة إلى الانخفاض كلما اتجهنا مبتعدين عن الشمس. على أية حال، إذا كان الأصل فى كثافة عطارد المرتفعة، حادثا كونيا ما، فإن ذلك لا يجعله صالحا كنموذج عام للبحث عن أصل المجموعة الشمسية.

إن أكثر النماذج النظرية رجحانا فى تأويل التركيب الغريب لكوكب عطارد الضئيل هو أن أغلب دثاره الصخرى قد تبدد من جراء اصطدام عنيف. وتشير التقديرات الراهنة إلى أن الجرم الذى ارتطم به كان فى خمس كتلة عطارد، وقد رشق الكوكب على أم رأسه بسرعة عشرين كيلومترا فى الثانية، وأن كتلة عطارد قبل ذلك الارتطام كانت ضعف كتلته الراهنة.

ولا بد أن مادته الصخرية قد تبعثرت إلى جذاذات لا يصل حجمها إلى السنتيمتر الواحد، وقد انجرف معظمها بعيدا لينتهى به الأمر إلى الالتحام بالشمس أو الزهرة أو الأرض.

ربما كان لدينا الآن بعض شذرات من عطارد الأصلى. أما اللب المعدنى المتين فقد لملم شعثه – وكأنه شحاذ كونى – فى عباءة رقيقة من الصخور. وهذا النموذج النظرى يزودنا كذلك بتبرير لغرابة مدار عطارد.

فربما كان ارتطام أعنف سيخلف لنا من عطارد اللب الحديدى فحسب، ويتركنا ونحن نتعجب مشدوهين ونحن نحدث في كوكب من الحديد الصرف. وهكذا فإن عطارد هو ناج مضطهد مسحوق آخر مثخن بالجراح من الحقبة المضطربة المبكرة من تاريخ المجموعة الشمسية.

ولا بد أن أجراما أخرى ذات حجم مماثل قد تواجدت في نطاقنا قبل أن تنجرف بعيدا عنه بصفة نهائية، أو يلتحم معظمها بالزهرة أو بالأرض. وعلى أية حال فإن ارتفاع كثافة عطارد المفرطة يجعله لغرابته مصنفا فى فئة خاصة، فريدة حتى بتطبيق معايير منظومتنا الشمسية.

فهذا الكوكب الضئيل نموذج رائع لرفض أغلب الكواكب والتوابع للانصياع لتصنيفها ضمن فئات واضحة محددة وقاطعة.

هامش الباب الخامس

(١) ب. س. لابلاس (١٧٩٦): (منظومة العالم) - المجلد الأول - الكتاب الرابع (ترجمه إلى الإنجليزية ج. بوند (١٨٠٩) - دار فيليبس - لندن- ص٩٤ .

(٢) اكتشف حجر رشيد عام ١٧٩٩ خلال الحملة الفرنسية التى قادها نابليون لغزو مصر، بالقرب من مدينة رشيد بمصر. وهو عبارة عن لوح من البازلت الأسود مدون عليه قائمة بالأعمال الخيرية التى قام بها بطليموس الخامس (ابيفانيس) (٢٠٥-١٩٠ ق.م). وقد نحت هذه القائمة كهنة منف فى نصين باللغة المصرية (بالهيروغليفية والديموطيقية والأخيرة صيغة من الهيروغليفية) ونص باللغة اليونانية. وقد مكن هذا الاكتشاف من ترجمة اللغة الهيروغليفية المصرية القديمة القائمة على الصور، وهى مهمة اضطلع بها - بصور أساسية - ج. ف شامبليون فى حدود عام ١٨٢٢ .

(٣) ر. داوكنز (١٩٨٧): (صانع الساعات الأعمى) دار نورتون، نيويورك ص١٦ .

(٤) ك. هايجينز (١٦٩٨): (استكشاف العوالم السماوية) - دار ت. تشيلد، لندن - ص١٣١ .

(٥) ج. برين (١٨٥٤): (العوالم الكوكبية)- دار روبرت هاردويك -لندن- ص٢٥٠ .

(٦) ب. س. لابلاس (١٨٠٩) منظومة العالم - المجلد الأول، الكتاب الرابع (ترجمه إلى اللغة الإنجليزية ج. بوند (١٨٠٩) - دار ر.فيليبس-لندن) ص٩٤ .

(٧) اشتهر عن العقدة الجوردية Gordian knot أن من عقدها الملك "جوردياس" أبو "ميداس" فى مدينة جورديان عاصمة فريجيا (التى تقع حالياً فى وسط غرب تركيا) نحو عام ٧٠٠ ق.م وعلى جميع الأصعدة كانت العقدة بالغة الضخامة والتعقد بحيث تكفل الحماية وعدم الوصول للنيرأ و القضيب الذى يمكن عن طريقه ترويض الحصانين اللذين يقودان مركبة. تنبأ الملك "جورديياس" بأن الشخص الذى سيتمكن من حل تلك العقدة سيكون مقدراً له أن يقهر آسيا (التى كانت تشكل بصفة جوهرية العالم المعروف وقتذاك). أخفقت كل المحاولات فى حل العقدة إلى أن أتى الأسكندر الأكبر(٣٥٦-٣٢٣ ق.م) فى مروره بمدينة جورديان خلال حملته ضد الفرس عام ٣٣٣ ق.م ، فحلّ المشكلة بأن هوى على عقدة جورديان بسيف فقصمها. وقد اتخذ غزو الإسكندر لآسيا الذى أعقب ذلك، بمثابة التحقق للنبوءة. وقد بقيت هذه الرواية حية لتصور كيف يمكن حل المشاكل التى تبدو متشابكة حلولاً جذرية عن طريق العنف والتطرف.

(٨) ر. ف. سكوت (١٩٧٧): (دراسات فى علم الأرض) - المجلد ١٣، ص٢٧٩ .

الباب السادس

العلل والنتائج

ليس النظام الشمسى بالنسق المنتظم، وليست الكواكب بالانتظام الذى نتوقعه من تكاثف بسيط من القرص الغازى الغبارى الأصلى. ولأجل ذلك فهى لا تلوح كنتاج صانع كفء ذى قدرات خارقة. فما السر وراء ذلك التنوع؟ ولماذا كانت الأرض هى المثوى الوحيد الصالح للحياة والسكنى فى المجموعة الشمسية؟ إن كوكبنا هذا حالة استثنائية، فمن الجلى عدم مواءمة الزهرة أو المشترى لنا. فكيف تهيأت للأرض هذه الظروف المواتية؟

ألا يثير هذا تساؤلات أخرى؟ سأناقش هنا ما إذا كانت المنظومة الشمسية نسيج وحدها وفريدة من نوعها، وكيف تبدو المنظومات الكوكبية الأخرى؟ وفى النهاية.. ما عساه يكون الختام لكل هذه المنظومات.

٦-١ ارتطامات الكويكبات والمذنبات بالكواكب

٦-١-١ منظومة مختلفة.. بعيدة عن الاتساق

تدور جميع الكواكب حول الشمس فى ذات الاتجاه، تبعا لدوران القرص الأولى من الغاز والغبار الذى نشأت منه المنظومة. وقد يتوقع الإنسان أن تكون محاور

جميع الكواكب -مادامت قد نشأت جميعها من ذلك القرص الدوار - قائمة في وضع عمودي، وأن تدور حول محاورها بذات السرعة، أو طبقا لتعاقب حسابي منتظم، تماما مثل المسافات المنتظمة التي تفصل الكواكب وكما تبينها قاعدة "بود".

وفي حين تدور الكواكب حول محاورها في الأغلب الأعم في اتجاه واحد.. هو اتجاه عكس عقارب الساعة إذا ما نُظر إليها من جهة القطب الشمالي للأرض، فإن هناك استثناءات لهذا النسق المنتظم. فالزهرة تدور ببطء في عكس ذلك الاتجاه، في حين يبدو أورانوس كالراقد على جنبه. وعلاوة على ذلك فمحاور كل الكواكب مائلة، وجميعها تدور بسرعات مختلفة حول نفسها، وتحمل دلالة على أنها كلها قد تعرضت لحدث فريد. فلماذا كان الأمر كذلك؟

لقد غيرت الاصطدامات -وهي بطبيعتها عشوائية- من منظورنا الفلسفي إلى نشأة المنظومة الشمسية. فإذا كانت الارتطامات الهائلة هي التي طبعت بطابعها الحقبة الزمنية الأخيرة بما فيها من تكدس بالكواكب، فليس بالإمكان التنبؤ بتفصيلات ما حدث. لقد وقعت الاصطدامات عبر جميع الأزمنة. والحقب التي مر بها تاريخ المجموعة الشمسية، وقد بدأت هذه العملية مع تلاحم حبيبات القرص الغباري الغازي الأولى معا، واستمرت مع تضخم الأجرام التي وصل حجمها في نهاية الأمر إلى حجم كواكب صغيرة. وقد وقع ما لا يقع تحت حصر من الارتطامات في أثناء انجراف هذه الأجرام الصغيرة نحو الكواكب واندماجها فيها. وقد كانت الذروة مع الاصطدامات العنيفة النهائية التي حرفت محاور الكواكب وسببت دورانها حول نفسها بمعدلات متباينة. وتحدث أعنف الارتطامات قرب نهاية حقبتها. وقد فصلت بعض الاصطدامات من الكواكب العملاقة أقراصا هي التي تكونت منها أقمارها. وقد ناقشت فيما سلف كيف تمخض اصطدام هائل عن قمرنا الأرضي وكيف تسبب آخر في انتزاع دثار عطارد الصخري.

٦-١-٢ ميل محاور الكواكب وسرعات دورانها حول نفسها

إن التباين الملحوظ في ميلان محاور الكواكب وسرعات دورانها حول نفسها يقيم أكبر دليل على حدوث الارتطامات العنيفة في زمن المنظومة الشمسية المبكر. وما من نموذج للتكاثف المنتظم في نسق متسق من قرص، بمقدوره أن يبرر هذا الوضع المختل الذي تجد الكواكب نفسها فيه في الوقت الراهن. ولو كانت لكل الكواكب نفس درجات ميل المحور لبدا الأمر شاذا، تماما كما لو كانت كل الكواكب تامة التماثل. فلو انعدم ميل محاور جميع الكواكب أو كان هناك نوع من التناسق الواضح في سرعات دورانها حول نفسها لأمكن أن نفكر في أصل متناغم واحد لها.

وميل محور الأرض هو الذي يمدنا بفصول السنة طبقا لتباين كمية أشعة الشمس التي تستقبلها مناطق الأرض المختلفة. لقد كان للمريخ في البداية ميل محور مماثل لميل محور الأرض، غير أن الكوكب الأحمر – عبر – الزمن يترنح الآن في نطاق يصل إلى ٦٠ درجة. وفي تناقض مع ذلك الوضع، لا يميل محور كوكب الزهرة سوى بمقدار ضئيل.

ترى هل تلقت الزهرة لطمة على أم رأسها فتوقفت عن الدوران حول نفسها؟ لعلها لم تعانِ على الإطلاق من اصطدام عنيف، فدورانها البطيء إلى الوراء ربما يرجع إلى تكدس مجموعة من الأجرام الضئيلة. وربما كانت معظم الكواكب في حالتها الابتدائية على نفس هذا الوضع من الدوران الوئيد، وإنما يرجع اختلاف معدلات دورانها الآن – مثلها مثل ميل محاورها – مرة أخرى للاصطدامات العنيفة التي وقعت في ختام عملية تكونها.

وقد يكون ميل محوري المشترى وزحل راجعا لسببين: الاصطدامات وربما الانفتال الحادث في السديم الغازي. وليس لمحور المشترى سوى ميل ضئيل، أما زحل

فتصل درجة ميل محوره على مستوى المنظومة الشمسية ٣٠ درجة، أى أكثر حتى من الأرض.

أما أورانوس ونبتون فلمحوريهما ميل عظيم. ويمثل أورانوس أكثر الحالات تطرفا. فهذا الكوكب الذى تبلغ كتلته كتلة ١٤ أرضا يلزمه أن يتلقى ارتطام جرم فى حجم الأرض به لكى يطوح بكوكب له مثل هذا الحجم. ولأورانوس مجموعة من تسع حلقات وخمسة عشر تابعا تدور جميعها حول خطه الاستوائى. ولا بد أنها جميعها قد تكونت بعد أن تلقى الكوكب تلك اللطمة. وهكذا فإن الكواكب تحمل شاهدا صامتا على الرضوض التى اكتنفت مولدها، ليس فى وجوهها المثخنة بالجراح فقط وإنما فى تباين ميول محاورها ومعدلات دورانها حول نفسها كذلك.

ومما يثير الفضول بحق، أن المستوى الذى تقع فيه الكواكب يميل بسبع درجات على خط استواء الشمس، وهى قضية نادرا ما تناقش. وقد يكون هناك عزم ازدواج لوى-فى وقت متأخر- السديم الغازى بعيدا عن مستوى خط استواء الشمس ويكون هو المسئول -جزئيا- عن ميول محاور الكواكب العملاقة.

ويمثل كل من عطارد والقمر حالة خاصة فى المنظومة الشمسية الداخلية، ويدين كلاهما بحالته الفريدة لتأثير الارتطامات العنيفة. فالقمر -شأنه شأن عطارد - خارج عن القياس فى المجموعة الشمسية وإن اختلفت أسباب هذا الخروج فى الحالين. فللقمر كثافة منخفضة للغاية، على النقيض من عطارد ذى الكثافة العالية. فأحد الجرمين به القليل من عنصر الحديد على حين يحتوى الآخر على الكثير منه، وهكذا يمكن للاصطدامات العنيفة أن تنتج ثنائيات غير مألوفة.

وبلوتو وتابعه الضخم شارون يدوران فى مدار بعيد عن الشكل الدائرى ومائل بشدة على مستوى بقية الكواكب. وليس ذلك فقط، بل إنهما يدوران حول بعضهما فى

مستوى يتعامد مع مستوى بقية المنظومة. وكما رأينا فيما سبق، يرجح أن هذا الموقف المدهش الذى يصعب تصور حدوثه فى منظومة متسقة، ناجم عن ارتطام عنيف.

٦-١-٣ وابل من القذائف الكونية

كيف تسنى لنا معرفة وجود هذه الأجرام الضخمة فى الماضى رغم اختفائها فى الوقت الراهن؟ يأتى الدليل من أرصادنا لأسطح الكواكب والأقمار القديمة، تلك الأرصاد التى تنبئنا باكتظاظها بالفتحات. وسطح القمر كما يشاهد من خلال أصغر التلسكوبات أو حتى بعدسة مكبرة نموذج كلاسيكى. وترينا الصور التى تلتقطها المركبات الفضائية أن مدرارا من المقذوفات قد أصابت الكواكب وتوابعها بدءًا من عطارد وحتى أقمار أورانوس، حيث تلوح الفتحات من مختلف الأحجام التى تتراوح ما بين الحفر التى لا يتجاوز حجمها الميكرونات والناتجة عن ارتطام الحبيبات الضئيلة فى عينات القمر، إلى الأحواض الحلقية التى تصل مساحتها لمساحة فرنسا أو تكساس (انظر على سبيل المثال شكل ١١).

ويكشف الستار عن الحد الذى وصل إليه هذا الوابل من المقذوفات المنهمرة على القمر فى الزمن المبكر وجود ثمانين حوضا على الأقل يربو قطر كل منها على ٣٠٠ كيلومتر، وهناك عشرة آلاف فوهة أخرى تتراوح أقطارها ما بين ٣٠، ٣٠٠ كيلومتر، تكونت كلها قبل أن يتوقف هذا المدرار المنهمر قبل زهاء ٣٨٥٠ مليون سنة. وقد أصاب وابل مماثل الأرض مما يبرر غياب صخور يزيد عمرها على ذلك عن سطح كوكبنا.

إن تاريخ النزاع الناشب حول السبب فى حدوث الفوهات على صفحة القمر وما إذا كانت نتيجة للبراكين أم النيازك، لهو مبحث علمى ممتع وشيق هو الآخر، ملىء بالمفاهيم الخاطئة، وسوء التعرف على المعطيات والنتائج المضللة. ومن سوء الحظ أجدنى مضطرا للتخلى عن أغلب هذه الموضوعات الطريفة للمتخصصين فى تاريخ

العلم. ولأننا نحيا على سطح كوكب تتولى فيه عوامل التعرية محوا فوريا لأية فتحات مماثلة، لم نتحقق من مغزى وكنه الاصطدامات الحادثة فى المنظومة الشمسية ونقدر أهميتها فى تاريخها إلا ببطء شديد. وحتى فى عصرنا الحالى هذا، ما زالت هناك (جيوب) تقاوم هذه الفكرة بين علماء الجيولوجيا الميالين للتحفظ.

كان من المعتقد فى العصور المبكرة أن الفوهات على القمر قد كونتها -فى أغلب الأحيان- البراكين، وقد استمر هذا المعتقد لدى الناس حتى هبوط الإنسان على سطح القمر من مركبة أبوللو الفضائية عام ١٩٦٩, وفى أوقات سابقة، ومن بين الأحاجى التى كانت تطرح على الدارسين، كانت حقيقة أن الفوهات على القمر فى معظمها ذات شكل دائرى من أصعب ما يمكن شرحه وتفسيره. وكان التعليل يقوم على أساس أن النيازك لا بد وأنها ترجم سطح القمر بزاويا مختلفة. ويستوجب هذا أن تأخذ معظم الفوهات شكلا بيضويا (إهليلجيا). ولكننا لم نتبين الحقيقة فى سر الشكل الدائرى لفوهات القمر إلا مؤخرا، فى القرن العشرين، وكانت هذه المعرفة -مع الأسف- عن طريق المواد شديدة الانفجار. ويأتى أحد الأمثلة التى أطلعتنا على ذلك من الحرب العظمى بين عامى ١٩١٤، ١٩١٨ (والتى أطلق عليها فى وقت متأخر الحرب العالمية الأولى).

فقد فُجر لغم فى الأول من يوليو عام ١٩١٦ فى "لابوازيل **la Boiselle**" فى محاولة عبثية لشق خطوط الألمان فى جبهة السوم "**somme**. وكانت الفتحة الناتجة ٨٥ مترا عرضا، ٢٥ مترا عمقا، وذات حافة يصل ارتفاعها إلى ٥ أمتار. وكونت مادة المقذوف طبقة من الطباشير (كربونات الكالسيوم)، شابهت تماما الحفرة الناتجة عن ارتطام نيزك. وهناك أمثلة شبيهة عديدة.

إن الرجوم الكونية أدهى تدميرا من تصوراتنا الواهية. فشظية صخرية ذات قطر ٢٥٠ مترا (أى فى حجم استاد كرة القدم) ترتطم بالأرض بسرعة قد تبلغ ٢٠ كيلومترا فى الثانية لها طاقة تفجيرية تعادل ألف مليون طن من مادة الـ تى إن تى **TNT** (ثالث

نترات التولوين). وأيا كانت الزاوية التى تصطدم بها بالأرض فإنها ستُطمر بباطنها وتنفجر مثل قنبلة. ويؤدى الانفجار الناتج إلى حفر ذات فوهة دائرية بقطر خمسة كيلومترات وعمق كيلومتر. وفى غضون دقائق معدودة سيغطى المناطق المجاورة والمحيطة بالمكان غطاء سميك من الأحجار والصخور المتحطمة المنبثقة من الفوهة.

والأرض يرجمها - كل ٢٠ أو ٣٠ مليون سنة - كويكب يدخل فى مدارها، ويكون فتحة قطرها نحو العشرين كيلومترا، وارتطام كويكب كبير مثل "أبوللو" أو "أتن" بالأرض كفيل بإنزال كارثة كبرى بها، من شأنها أن تمحو الحياة من على سطحها. وإذا أمكن للحياة أن تجتاز تلك المحنة، فربما ينحو سير التطور منحى آخر.

لعل أشكال الحياة الشاذة مثل تلك الموجودة فى "بورجيس شيل" والتى سأتكلم عنها بعد، تعود للبروز كرة أخرى، إذا ما عنّ للتطور فى تجواله العشوائى أن يسلك سبيلا جديدا. لقد انقرضت الديناصورات وسواها من الكائنات قبل ٦٥ مليون عام لدى نهاية العصر الطباشيرى، كنتيجة لاصطدام كويكب أو مذنب ما قطره نحو ١٠ أو ١٥ كيلومترا. ولقد أحدث هذا الاصطدام المروع فتحة فى المكسيك تبلغ المائتى كيلومتر قطرا.

٦-١-٤ الرجوم الغزيرة فى الزمن المبكر

لعل الحوض الهائل على سطح القمر والمسمى البحر الشرقى أورينتال **Orientale** والناجم عن الرجوم هو أهم ملامح التضاريس التى كشفتها مركبات الفضاء. على أية حال فإن المشاهد ذات التأثير الطاغى إذا ما صُورت من مركبة فى مدارها مثل المشاهد الطبيعية الخلابة على سطح المريخ فاليس مارينريس (الوديان المريخية **Valles Marineris**)، وأوليمبوس مونز (جبل الأوليمب) **Olympus mons** ، يقل انبهارنا بها إذا ما شوهدت من على سطح الكوكب نفسه.

ولقد لفت العلماء الأوائل، وبالذات ج.ك جيلبرت (١٨٤٣-١٩١٨)، ورالف بالدوين (ولد فى ١٩١٢) وهارولد أورى، لفتوا النظر إلى طبيعة بحر الأمطار أو حوض إيمبريوم **Imbrium** الدائرية على القمر، وهو فى حجم ولاية تكساس، واعتبروه قد تكون حين رجم كويكب كبير سطح القمر.

ولقد زودنا اكتشاف حوض أورينتال الأخير بنموذج مثالى تقريبا لحوض دائرى ناجم عن ارتطام. وهو يشبه بحلقاته الدائرية الخمس من الجبال، ذات المركز المشترك لوحة تصويب عظيمة **bullseye** ، يصل اتساعها إلى ٩٠٠ كيلومتر. وتظهر الصور للمريخ وعطارد أحواضا هائلة مماثلة تحيط بها حلقات من جبال، كما بين المسح الرادارى لكوكب الزهرة أنه حتى وجود غلاف جوى كثيف ملىء بالسحب لا يؤمن حماية من الأجرام المصطدمة إذا كان لها الكبر الكافى.

بوسعنا أن نقدر معدلات هذه الرجوم العنيفة فى الزمن المبكر. ويأتينا أفضل استدلال من القمر، فنحن نعرف عمر سطحه من العينات التى أتت بها رحلات "أبوللو". على أية حال فربما يكون القمر حالة خاصة.

فهل اصطدم القمر بسلسلة من الأجسام وهو يدور حول الأرض فى أثناء انسحابه الوئيد مبتعدا عنها؟ مازال النقاش محتدما بين العلماء حول هذه الأمور، فيصر بعضهم على أن هناك اختلافا فى معدلات حدوث الفتحات على الأسطح بين الكواكب الداخلية والخارجية فى المنظومة الشمسية، فى حين يعتقد آخرون أن الفوهات التى نشاهدها ما هى إلا الأثر الأخير من ارتطامات اتسمت بالانتظام فى رجمها لكل أعضاء كواكب المنظومة.

٦-١-٥ الأحواض المتسعة الهائلة

والفوهات الصغيرة البالغة بضعة كيلومترات قطرا، تشبه الوعاء البسيط والفوهات الأكبر فى حجمها بقليل ذات هيئة تثير الفضول، فلها قمة جبلية فى وسط

الفوهة. وغالبا ما كان يعتقد -بالخطأ- أنها براكين، وإنما تشكلت نتيجة ارتداد قاع الفوهة إلى أعلى بعد الاصطدام والقذف العنيف ثم انفجار النيازك. وهناك نماذج جيدة من هذه التكوينات على الأرض، وإن طمست أغلبها عوامل التعرية العنيفة. ويمقدورنا هنا قياس المدى الذى ارتدت به الطبقات لأعلى. ومن الأمثلة الشهيرة جروسيس بلاف **Grosses Bluff** الواقعة فى وسط أستراليا حيث قفزت الصخور الراقدة أفقيا إلى أعلى، وهى التى كانت من قبل تحت السطح على عمق يقرب من أربعة كيلومترات، لتكون قمة أسرة من الركام المتبعثر يبلغ عرضها أربعة كيلومترات ونصف الكيلومتر. لقد أزالت عوامل التعرية معظم حافة الفوهة الخارجية التى كان قطرها فى الأصل يتخطى الأربعة وعشرين كيلومترا، ولم تخلف سوى هذه القمة فى الوسط، كشاهد صامت على تلك الكارثة التاريخية.

على أن الرجوم الأعنف تترك آثارا أكثر تميزا ووضوحا. فإذا مضينا صعدا على مقياس الحوادث الكارثية، فهناك ما يسمى بالأحواض ذات الحلقة القمّية، وهى تتميز بحلقة من التلال فوق قاع الفوهة قد يصل اتساعها إلى المائة كيلومتر. وقد تشكلت هذه الحلقة عندما انهارت القمة المركزية وانتشرت فيما حولها فى صورة كسارة أحجار عملاقة. وتقع كل هذه الكوارث فى غضون الدقائق التى تلى حادثة الارتطام.

وعلى ذلك فهناك رجوم جبارة هى التى تشكل تلك الأحواض الهائلة ذات المئات كيلومترات قطرا تحف بها حلقات خلابة من الجبال. وتطلق على هذه التشكيلات على سطح القمر الأسماء مثل أبينينز **Apennines**، والكربات وجورا أسوة بنظائرها من الجبال على سطح الأرض. إن الأصل فى هذه السلاسل من الجبال الدائرية ذات الهيئة المحيرة، والتى كانت واضحة لأعين العلماء الفطنين على شاكلة جيلبرت وبالدوين وأورى، تم تفسيرها قبل رحلات أبوللو مباشرة. وكان ذلك بفضل الصور الرائعة لحوض القمر الشرقى التى صورتها مركبة الفضاء **lunar Orbiter iv** فى مايو ١٩٦٧ (انظر شكل ١١).

لقد صيغ العديد من النماذج النظرية لتفسير نشأة هذه الأحواض الضخمة وحوافها الجبلية، وقد لاحظ أحد العلماء "إن الأصل فى هذه الحلقات المتعددة، سواء الداخلية منها أو الخارجية له من التفسيرات المحتملة مثل عدد من يتقصونه بالبحث"(١). والمرجح فى غالب الأمر أن الأحواض قد تشكلت من انهيار الفتحة المركزية العميقة التى أحدثتها فى الأصل رجوم الكويكبات ثم تكونت سلاسل حلقات الجبال عندما انهارت جوانب هذه الهوة فيما حول التصدعات والفلوق الدائرية ذات مركز الدائرة الواحد.

والمثلان لهذه التكوينات المتشكلة بفعل الرجوم على الأرض هما حوض سادبرى Sudbury بكندا (المشهور باعتباره مصدرا لتعدين النيكل) وتكوين فريد يفورت "Vredifort" بجنوب أفريقيا. وفى هذا النموذج الأخير، غاضت قشرة الأرض القارية اليابسة والتى نعدّها جدّ صلبة، إلى عمق عشرين كيلومترا. ورغم بعض الارتياب الذى ما زال قائما بين الجيولوجيين، فقد تأكد مؤخرا بالدليل الدامغ إرجاع أصل هذه التكوينات الضخمة إلى تأثير رجوم النيازك والكويكبات أو المذنبات، فليس باستطاعة الأرض أن تطلق مثل هذا القدر من الطاقة التفجيرية فى لحظة واحدة، فانفجارات أعنف البراكين تبدو واهية بالقياس لها.

وفى الوقت الراهن تلقى هذه الأفكار قبولا حسنا على وجه العموم، وإن لم يبحث أحد حتى الآن فى جدية فكرة أن الفوهة الهائلة فى يوكاتان بالمكسيك - وهى بمثابة الندبة الباقية منذ الحدث الذى أودى بحياة الديناصورات - كانت نتيجة ارتطام ما.

٦-١-٦ عمليات الجمع والطرح الحسابية فى الجو والمحيطات

إن نماذجنا النظرية عن نشوء الأرض لا تعول كثيرا على التكهنات بطبيعة جو الأرض الأولى. لقد تكونت الأرض - بطبيعة الحال بعد أن انقشع غاز القرص

الأصلى واختفى بعيدا، وتخلفت مجموعة من الأجرام الصخرية الجافة التى تشكلت منها الأرض. أما الأغلفة الجوية حول الكواكب الداخلية فقد تكونت فى وقت لاحق (من المذنبات على أرجح الأقوال). ومن ثم فإن غلاف الأرض الجوى أمر ثانوى تكون لاحقا. وبناءً على ذلك فليس مدعاة للعجب أن تختلف أجواء الكواكب الداخلية عن رؤانا لتكوين الغبار والغاز الأوليين واللذين تشكلت منهما المجموعة الشمسية. وأكثر الأجرام المرشحة احتمالا بالاحتفاظ بغلافها الجوى الأولى فى المنظومة الشمسية كلها هو تيتان، تابع زحل العملاق.

على جميع الأحوال، يتداخل عامل رئيسى آخر ليزيد من تعقد المسألة. فربما تكون الكواكب قد عانت خلال فترة تناميها العديد من الرجوم الهائلة وفقدت – على نحو متكرر – أغلفتها الجوية التى كانت قد طورتها أو جمعتها. وهذا الفقدان للغلاف الجوى أيسر حدوثا للكواكب الصغيرة بالطبع (وفى هذا تطبيق للمثل السائر بأن الفقير يغدو أكثر فقرا). ومن الجلى أن هذه العمليات لم تصحّ فاعليتها إلا قرب انتهاء حقبة الرجم العظمى قبل زهاء ٣٨٥٠ مليون عام. ومنذ ذلك الحين حظى جوا الزهرة والأرض بالاستقرار وأمنا من خسارة فقدان الجو الفادحة.

ولو كانت كل أغلفة الكواكب الداخلية الجوية ثانوية بالمثل (أى تكونت فى مرحلة تالية) وتعرضت للفقدان بفعل الرجوم الجزافية لما احتوت على الكثير من المعلومات عن قرص الغاز والغبار الأولى. وبدلا من ذلك، فإن تطور الغلاف الجوى لكل كوكب فريد فى نوعه. وهكذا، فى حين أن الأجواء الراهنة للكواكب تشوقنا وتمتعنا كمشكلة علمية فى حد ذاتها، إلا أنها لن تيسر لنا – على الأرجح – نظرات داخلية متبصرة حول أصل كل كوكب على حدة. وهذه إحدى العقبات التى تعترض تطور فهمنا لتأثيرات الاصطدامات والرجوم الكبيرة.

وكل ما نستدل به من النيازك هو أن المكونات المعدنية الأولية كانت جافة، فقد أقصى الماء عن المنظومة الشمسية الداخلية وتكثف ثلوجا فى التخوم البعيدة عن

الشمس فى "خط جليد" يقع فى معية المشترى. وهكذا يبدو أن الكواكب الأرضية قد تكونت من تراكم أحجار مهشمة جافة. وربما كان السبيل الوحيد أمام الماء كى يتسرب إلى الكواكب الداخلية هو المذنبات الوافدة من تخوم المنظومة الشمسية النائية.

وفى المتوسط كانت المذنبات ترشق الكواكب بسرعات أكبر من سرعات الكويكبات أو النيازك من داخل المجموعة الداخلية. ولهذه الرجوم من الطاقة ما يكفى لإزالة الغلاف الجوى بقدر احتمال التسبب فى تكونه. ومن ثم يبدو من المقبول ظاهريا أن مصدر الماء الواصل إلى جرم كبير كالأرض هو المذنبات على الأرجح. وكل هذه الحسابات تعول بشدة على المعدل المفترض لاصطدامات المذنبات، وهو أمر يخضع بدوره للاحتمالات ويحيق به الكثير من عدم اليقين.

٦-١-٧ الأرض والقمر .. ومدرار مستديم من الرجوم

بالمقارنة بكوكب الزهرة كان للأرض عدد أكبر من الفوهات الصغيرة، بسبب جوها الرقيق نسبيا ، وهو ما يتيح للنيازك الأصغر أن تصل إلى سطح الكوكب. ولقد محت عوامل التعرية سريعا – بمعايير الحقب الجيولوجية – معظم هذه الفوهات. لذا فلم يعثر على سطح كوكبنا إلا على حوالى ١٥٠ فوهة تمتد أعمارها عبر آخر ٢ بليون عام.

وبقايا الفوهات الأخرى التى تعرضت للتحات ما زالت تنتظر الكشف عنها، لأن عدد الرجوم التى طالت الأرض لا بد وأنه يقارب ذلك الذى رصدناه على كوكب الزهرة. وبناء على هذا الأساس بمقدورنا أن نحسب أن أكثر من عشرة آلاف جرم من شأنها أن تحدث فوهات ذات أقطار تتجاوز أقطارها الخمسة كيلومترات لا بد أن تكون قد رشقت قاراتنا ومحيطاتنا فى غضون الأربعة بلايين عام من تاريخ الأرض.

والأجرام التى ترشق الأرض الآن إما مذنبات وافدة من التخوم البعيدة للمنظومة الشمسية أو كويكبات ونيازك. وتُنتزع هذه الأجرام من مداراتها فى نطاق الكويكبات

نتيجة الارتطامات أو تأثير المشترى الجذبوى. والنيازك العارضة المقتطعة من المريخ أو القمر بفعل الرجوم تجرفها الأرض أيضا. وتحترق الأجرام التى يقل قطرها عن حوالى عشرة أمتار فى الغلاف الجوى. وبسبب سرعتها الضخمة فإن لها طاقات تعادل بضعة ملايين من أطنان المواد شديدة الانفجار مثل ال ت ن ت TNT. ولقد خضع ما حدث فوق تونجوسكا Tunguska بسيبيريا فى ٣٠ يونيو من عام ١٩٠٨ لتخمينات واسعة. فقد وقع انفجار فى السابعة والنصف بالتوقيت المحلى على ارتفاع خمسة كيلومترات، مطلقا مقدارا من الطاقة يعادل زهاء عشرين مليون طن من ال ت ن ت. وقد ضربت الموجة الصدمية الناتجة غابات سيبيريا عبر مساحة تزيد على ١٠٠٠ كيلو متر مربع. ولقد اقترح الكثير من التأويلات الغريبة لذلك، بما فى ذلك وفود بعض المادة المضادة(*) لتعليل ذلك الانفجار الفجائى، على أن الحقيقة كانت أكثر واقعية. فنحن نعرف الآن أن السبب كان راجعا إلى نيزك ارتطم بالأرض. لم يزد حجم ذلك النيزك عن حجم مبنى صغير ذى ٦٠ مترا قطرا بيد أنه ربما كان متحركا بسرعة ٢٠ كيلو مترا فى الثانية. ولو أن النيزك انفجر فوق مدينة نيويورك لدمرها عن بكرة أبيها. ويقع مثل هذا الحدث ربما مرة كل ٣٠٠ سنة فى موضع ما من الأرض. ولحسن الطالع فإن الاحتمال الإحصائى لاصطدام مثل هذا النيزك الضخم بمدينة كبيرة يحدث -إحصائيا- مرة فى كل مليون عام.

ومثلما أشرت آنفا، قد تنجم كارثة محلية عن جرم قطره مائتان وخمسون مترا وسرعته عشرون كيلومترا فى الثانية فى صورة حفرة بعرض خمسة كيلومترات. وقد تكافىء الطاقة المنطلقة جراء ذلك نحو ١٠٠٠ مليون طن من مادة التى إن إتى.

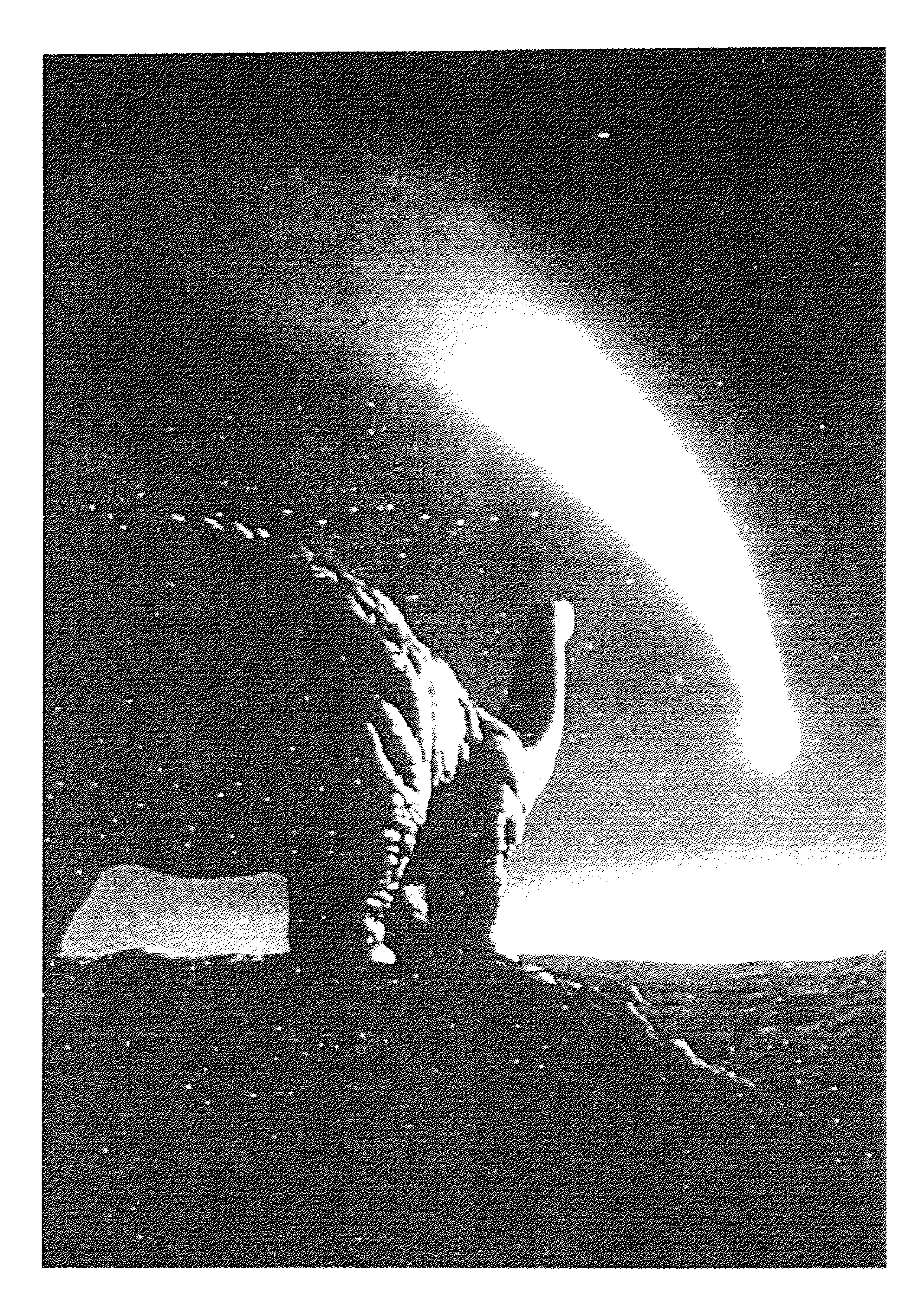
(*) المادة المضادة افتراضا تتكون من جسيمات مضادة لما نعهده فى فيزيائنا الذرية (كالإلكترون بشحنة موجبة وبروتون بشحنة سالبة) ومن شأن المادة المضادة إذا ما التقت بالمادة المعتادة أن تفنى كل منهما الأخرى. (المترجم)

واحتمال وقوع مثل ذلك الحدث هو مرة كل عشرة آلاف أو عشرين ألف سنة. والكوارث التى تؤثر فى العالم بأسره يحتمل أن تكون بسبب اصطدامات أجرام يتراوح قطرها ما بين الكيلومتر الواحد والخمسة كيلومترات.

ما مقدار المادة التى تصل الأرض فى الوقت الراهن؟ تتباين التقديرات تباينا واسعا، إلا أن الرقم المصطلح على قبوله هو أن نحو مائة طن من مادة النيازك (فى هيئة ترابية أساسا لحسن حظنا) تسقط على الأرض فى كل يوم. ويبدو هذا الكم كبيرا لو أنه يلقى فى الفناء الخلفى لمسكن واحد، أما بالنسبة لكتلة الأرض فهو لا يضيف لها إلا مقدارا تافها عبر الحقب الجيولوجية.

٦-١-٨ انقراض الديناصورات

لقد علق تشارلز داروين (١٨٠٩-١٨٨٢) بقوله: "ما من حقيقة تروعنا – عبر تاريخ العالم المديد- بقدر ما نجد من انقراض الكائنات على هذا النحو المتكرر والواسع"[٢]. وكثيرا ما أشير إلى انقراض العديد من أنواع الكائنات فى التخوم ما بين العصر الطباشيرى والعصر الثلاثى Tertiary قبل ٦٥ مليون سنة. لقد اختفت الديناصورات التى كانت لها الهيمنة على مدار مائة وستين مليون عام (انظر شكل ٣٣)، إلى جانب أعداد هائلة من أنواع الكائنات.



(شكل ٣٣)

ديناصور من فصيلة البرونتوسورس يتأمل - منذ نحو ١٣٠ مليون عام - مذنبا يهوى. باد البرونتوسورس فى العصر الجيوراسى المتأخر قبل الانقراض الأعظم لأقربائه من الزواحف والكائنات الأخرى بحوالى ٦٠ مليون عام عند نهاية العصر الطباشيرى.

وما يفاجئنا بصفة خاصة، هو أن هذا الانقراض قد حدث خلال (لحظة) جيولوجية. وحيث تحفظ الطبيعة الطبقات الجيولوجية حفظا جيدا، في مواضع مثل باطن المحيطات، يقع فناء الكائنات في لحظة قاطعة -كحد الموسى- وليس بوسع تبدل بطيء في الجو أو في المحيطات أن يجلب كارثة فجائية كهذه. وقد تركت هذه الكارثة الباب مفتوحا أمام مجالات التطور كي يفيد منها من بقي على قيد الحياة، فبرزت الثدييات للوجود وتولت هي القيادة وصارت هي النوع المهيمن بين ساكني الأرض، وتطورت ليظهر في خاتمة المطاف الإنسان المعاصر Homo sapiens . ويجمع العلماء على أن أرجح الأسباب، هو اصطدام كويكب يتراوح قطره ما بين ١٠، ١٥ كيلومترا (أي بكتلة في حجم جبل إفرست) بالأرض وهو يتحرك بسرعة عشرين كيلومترا في الثانية.

وإذا كان هذا الجرم مذنبا فربما بلغت سرعته ضعف ذلك المقدار. والدليل على حدوث مثل هذا الارتطام لدى نهاية العصر الطباشيري جد قوي. ولقد كانت أولى البصمات المدهشة الدالة على ذلك ما اكتشف من ظهور طبقة طفلية رقيقة من عنصر الإيريديوم النادر على نطاق واسع في العالم كله، تميز انتهاء العصر الطباشيري على السجل الجيولوجي، والإيريديوم عنصر نادر في قشرة الأرض اليابسة، ولكنه شائع في النيازك، وتلى ذلك اكتشاف وجود حبيبات من الكوارتز والفلدسبار في الطفلة وأيضا في معظم أجزاء العالم، وضحت فيها تهشمات من جراء اصطدام عنيف، فقد بدت كما لو كانت قد تلقت ضربة من مطرقة عملاقة، ومن حولها تبعثر مقدار كبير من مواد منصهرة. نجدها الآن في صورة شظايا متبعثرة من الزجاج. كما عثر فريق بحث آخر على رماد تخلف عن نيران هائلة سريعة الانتشار أضرمها ذلك الحدث. ولا بد أن أغلب الغابات على سطح الأرض قد احترقت بحيث خلفت هذه المقادير العظيمة من الرماد. وكل هذه المشاهدات تدعم بشدة وقوع ذلك الارتطام. فما من عملية جيولوجية -مثل انبثاق كمية هائلة من الحمم- بقادرة على تبرير ما نرى من حقائق.

يقع مركز هذا الاصطدام قريبا من تشيكسولب Chicxulub بشبه جزيرة يوكاتان في المكسيك. كان للحفرة -أو بالأحرى الحوض الحلقي- الذي خلفه الانفجار قطر يصل على الأقل إلى ٢٠٠ كيلومتر. وعبر الخمسين مليون سنة التالية، انطمر الحوض ببطء تحت الحجر الجيري الذي كان يترسب في البحر الكاريبي الدافيء.

لقد رشق الكويكب موضعا ذا خصوصية من حيث آثاره المهلكة، وحفر لعدة كيلومترات في الطبقات المحتوية على مواد الكربونات والكبريتات، والتي كانت قد تكونت بالتبخر في خليج متصل بالمحيط، حيث كانت مياهه تجف ثم يعود فتغرقه مياه البحر، وهكذا على نحو متقطع. ونجم عن ذلك أن مئات البلايين من أطنان ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد الكربون قد نفثت في الجو. وقد اتحد ثاني أكسيد الكبريت ببخار الماء مكونا حامض الكبريتيك، فقتل المطر الحمضي كل الأحياء البحرية ذات الأصداف المكونة من مادة الكربونات. وقد شمل ذلك الحيوانات البحرية الدنيا مثقبة الأصداف Foraminifera التي كانت تعيش منها بلايين لا حصر لعددها. فقد ذابت أصدافها بسهولة بفعل الحامض، وهلكت جل الأنواع الحية تقريبا في (لحظة جيولوجية).

وحتى تلك الأنواع ذات الأصداف المقاومة من السليكا مثل الدياتوم Diatom(*) لم تقو على البقاء حية، ربما بسبب تأثير "الشتاء النووي". فقد اقترن الغبار بالدخان وانعقدا في الجو، ولفترة عدة شهور ساد ظلام دامس. وسادت في الجو في البداية برودة مفرطة أعقبتها حرارة لافحة. وفي أعقاب هذا "الشتاء النووي" ارتفعت درجة الحرارة من جراء كميات ثاني أكسيد الكربون الهائلة التي انبثقت في الجو من الكربونات بالمنطقة التي أصابها الانفجار، مسهمة أكثر وأكثر في تصعيب الظروف البيئية. ولعل هذا قد أخل بمجمل توازن السلسلة الغذائية food chain، وكان أيضا

(*) طحلب مجهري أحادي الخلية صدفته من السليكا. (المترجم)

مسئولا عن انقراض الزواحف المائية العملاقة مثل الاكثيوسوراس والبليزيوسوراس، تلك الكائنات التى يدهشنا هيكلها البديع إذ نشاهدها فى المتاحف.

ومن الطريف أن نتأمل كيف أولت الأساطير المختلفة اختفاء مثل هذه السلالات من الديناصورات التى كانت هى المهيمنة فى وقت ما. تقبل قدامى الإغريق بسهولة تفسير نسبة هلاك الديناصورات إلى عاصفة رعدية أطلقها رب الأرباب "زيوس". أما "يهوه" "الرب فى العهد القديم" الذى طرد آدم وحواء من جنات عدن ومنعهما من العودة إليها بسيف من لهب(*) فيبدو أنه كان ممتعضا هو الآخر بالمثل من مخلوقاته الزاحفة.

وبالنظر لسطواته التى لا حدود لها، فلم يصعب عليه أن يوجه كويكبا ليمحو كل ما هو مسطور باللوح، ويتيح الفرصة للثدييات. على أية حال، لا بد وأن قليلا من الأنواع قد نجت وبقيت على قيد الحياة، ومن بينها الحية التى أغرت حواء(**).

ويبدو أن الإنسان المعاصر **Homo sapiens** قادر هو الآخر على مثل هذه الإجراءات الأسطورية. (ولمثل هذه العلل ينبغى أن نتغاضى عن الاقتراحات بإعداد الأسلحة الذرية كى نحرف مسار أى كويكب يحتمل أن يرجم الأرض).

والتاريخ يعطى كل التوقعات فى أن هذه الأسلحة (إن لم تستعمل فى شئون الحرب) قد تستخدم فى توجيه وصول الكويكبات إلى رءوس الأعداء. ويتذكر المرء هنا "هتلر" الذى كان يبحث فى آخر أيام الرايخ الثالث عام ١٩٤٥، كيف يدمر الشعب الألمانى باعتباره غير جدير بأهدافه السامية، فى محرقة شاملة وختام مأساوى لعهده.

(*) التوراة – سفر التكوين – الإصحاح الثالث، نورد الترجمة الحرفية للنص الأصلى دون التطرق لأية اختلافات دينية.

(*) التوراة، سفر التكوين– الإصحاح الثالث.

٦-١-٩ صورة أكثر قربا: نهاية التريلوبايتات(١) (شكل ٣٤)

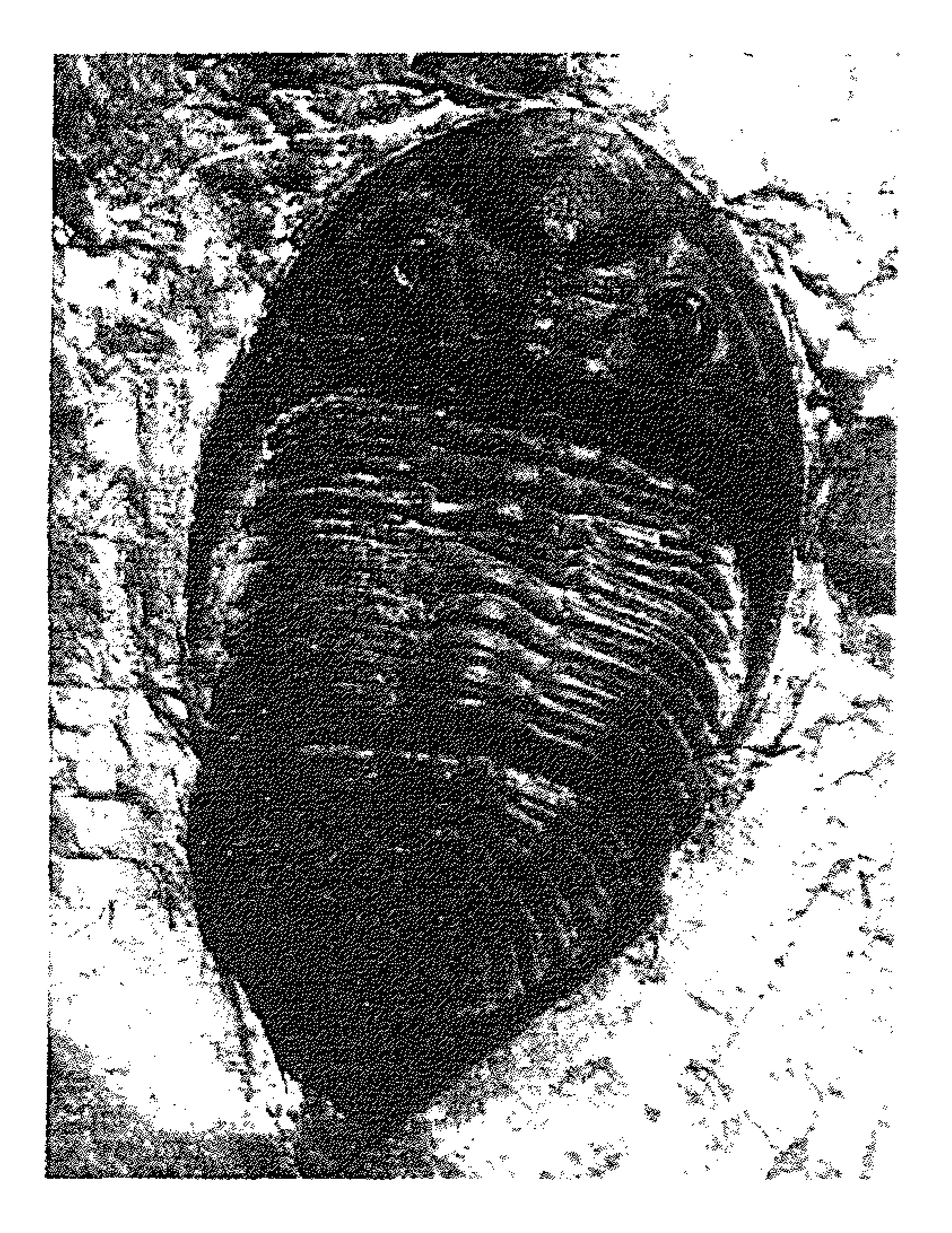
إن موجة انقراض الكائنات التى وقعت عند الحدود بين العصرين الطباشيرى والثلاثى، تبدو كالقزم بالقياس إلى الكارثة التى حدثت لدى نهاية العصر البريامى قبل ٢٥٠ مليون سنة، والتى قاربت على إفناء كل أشكال الحياة على الأرض، إذ انقرض من جرائها سبعون فى المائة من عائلات الكائنات الفقارية على اليابسة، وتسعون فى المائة من أنواع الكائنات بالمحيطات.

ومن المحتمل أن قد وقع انقراض مزدوج حينئذ، أى وقع حدثان تفصل بينهما حوالى خمسة ملايين عام. ويلوح أن الأول قد أهلك نحو ثلاثة أرباع أنواع الكائنات البحرية، أما الثانى الذى كان لدى نهاية العصر البريامى (وبالمثل لدى نهاية الحقبة الباليوزية) فقد أتى على ما يربو على الثمانين فى المائة من أنواع الكائنات الباقية أو التى كانت قد تطورت خلال تلك الفترة الزمنية.

وتبدو العلل فى ذلك (متشابكة كخيوط العنكبوت[٣] طبقا لما قاله أحد الباحثين) وأكثر تعقيدا من كارثة العصر الطباشيرى. وبعيدا عن واقعة حدوث ارتطام (وهو ما لم يقم عليه برهان حتى الآن)، فقد شملت الأسباب الممكنة التبدلات فى أوضاع القارات فى ذلك الحين، إذ ربما أدى ذلك إلى مناخ غير مستقر وإلى جفاف الأحواض المائية. وباقتران ذلك بثورات بركانية عنيفة وبزيادة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون بالجو، ربما أدت هذه الأحداث إلى ذلك التقوض الكارثى للحياة.

كل هذا أقل وضوحا فى السجلات الجيوليوجية من الحقبة التى اختفت خلالها الديناصورات. فبوسعنا أن ندرس مقاطع كاملة - عن هذا الحدث الأخير - من ثقب باطن المحيطات العميقة. أما الطبقات عند الحدود ما بين العصرين البريامى والترياسى فأقل انتشارا من تلك التى تعود لنهاية العصر الطباشيرى. فقد اختفى قاع بحار الأزمنة البريامية المبكرة واندمج فى دثارها، مخفيا معه معظم ما كان يمكننا أن

نستدل له. وبالطبع فهناك موجات انقراض عظمى عديدة عبر العصور الجيولوجية. وبالإضافة إلى هذه الأحداث الكارثية، سار التطور فى مجراه، آتيا على أنواع من الكائنات فى معدل سريع، وهذا فى حد ذاته قد أتاح لنا علامات نافعة فى الطبقات الجيولوجية.



(شكل ٣٤)

الدالمانايت: أحد ثلاثيات الفصوص (التريلوبايتات)، طوله حوالى ٥ سنتيمترات وهو من العصر السيلورى. والتريلوبايتات التى نعرف من أنواعها (عن طريق السجلات الأحفورية) عدة آلاف، ازدهرت على امتداد زهاء ٣٠٠ مليون سنة، قبل أن تبيد خلال موجة الانقراض العظمى قبيل نهاية العصر البريامى منذ ٢٥٠مليون عام.

٦-١-١٠ هل يقع الانقراض فى شكل دورات منتظمة متكررة؟

تصاعد شغف كبير حول ذلك الاقتراح القائل بأن سجل الأحافير يبين وقوع موجات الانقراض الهائلة بوتيرة منتظمة، يبدو أنها تتكرر كل ٢٦ مليون عام. ويندر هذا التكرار المنتظم فى الطبيعة، فما هو السبب؟ لفترة ما كان هذا التكرار المنتظم يعزى إلى سلسلة من ارتطامات من المذنبات على فترات زمنية متساوية، وكان يعتقد أن هذه الاصطدامات راجعة إلى زخات دورية من المذنبات قادمة من سحابة "أورت"، وأن هذه الزخات تنطلق تحت تأثير كوكب خارجى كبير لم يكتشف بعد (لعله صديقنا القديم الكوكب س ×) أو تحت تأثير رفيق معتم للشمس لم يكتشف بعد بالمثل. لقد أصبح هذا الكائن الأسطورى يسمى باسم النجم نيميسيس(*)، بما يبدو أنه يتسبب فى هلاك يمحق الحياة.

وهناك شك كبير حول وجود مثل هذا النجم، وكذلك حول الطبيعة الدورية لموجات الانقراض وكما تبينها السجلات الجيولوجية. فالاستدلال الإحصائى على هذه التكرارية متهافت للغاية، ووتيرة حدوث الانقراض لا يمكن فصلها عن احتمال الصدفة البحتة.

ويبدو أن هؤلاء ممن يربطون موجات الانقراض بأحداث الرجوم التى تقع بصورة منتظمة، يطبقون أساليب إحصائية غير قويمة. وقد أكد ذلك ريتشارد جريف (المولود عام ١٩٤٣) وهو جيولوجى كندى، أجرى أكثر الدراسات تفصيلا عن سجل حدوث الفوهات على الأرض. ويلاحظ الفيزيائى الفلكى الكندى سكوت تريمين (من مواليد ١٩٥٠) ما يلى:

طالما كان هناك تاريخ طويل بل وممل فى علم الفلك يتحدث عن دورات منتظمة تم تلفيقها وادعاؤها لصنوف متعددة من البيانات. وكان الادعاء باكتشاف هذه الطبيعة

(*) نيميسيس هو إله الانتقام والعقاب ومصدر الأذى لدى الإغريق. (المترجم)

الدورية فى سهولة اكتشاف الساحرات فى العصور الوسطى، إلا أن مجرد الإيمان العميق ينبغى أن تدعمه اختبارات إحصائية.

والموقف الأكثر ترجيحا هو أن هذه التكرارية المزعومة دون دليل لسجلات موجات الانقراض التاريخية هى محض تلفيق، وأن أية صلة بين الرجوم وانقراض الكائنات تشمل – احتمالا – ارتطاما واحدا أو عددا من الارتطامات العشوائية لمذنبات أو كويكبات(٤).

وهكذا يتبين أن الربط المفترض بين موجات الانقراض وبين الفوهات الناجمة عن الرجوم، وأن دورة الرجوم المسببة للفوهات تتكرر كل ٢٦ مليون سنة، قد ظهر من خلال إحصائيات خاطئة ، ويبدو أن وتيرة الانقراضات العظمى قد أفرزتها الصدفة وليس بالوسع تمييزها عن آثار عملية عشوائية جزافية.

٦-٢ الحياة والمبدأ الإنسانى

٦-٢-١ كوكب الأرض كمأوى ملائم للحياة

من الأمور التى يلم بها كل طفل الآن أن مدار الأرض حول الشمس يأخذ شكلا إهليلجيا، إلا أنه يقارب جدا شكل الدائرة. ولا بد لنظام متسق من مثل هذا النسق المواتى. فلو أن المسار الإهليلجى ابتعد كثيرا عن الدائرة لوجب أن تؤقلم الحياة نفسها بحيث تستوعب فروقا متطرفة فى درجات الحرارة ما بين اقترابها وابتعادها عن الشمس.

على أن كثيرا من الظروف المواتية لوجود الحياة كانت نتيجة لأحداث عشوائية. ومن بين هذه الأحداث الجزافية العديدة والتى وقعت إبان تكون المنظومة الشمسية، ارتطام جرم ضخم يزيد فى كتلته عن المريخ بالأرض، فتناثر الدثار الصخرى للجرم المصطدم فى مدار حول الأرض وتكون منه القمر. ولقد لعب هذا الحدث الدرامى دورا له وزنه فى تهيئة هذا الكوكب كى تصلح الحياة فوقه. وإذ تلاشى -بفعل الارتطام- الغلاف الجوى الكثيف الذى كان موجودا، أفسح المجال للجو المواتى الذى ننعم به فى الوقت الراهن.

ويبدو أن وجود القمر قد أدى إلى استقرار ميل محور الأرض، مما منحنا مناخا مستقراً إلى حد ما. وميل محور الأرض وهبنا الفصول المتعاقبة: الربيع والصيف والخريف والشتاء. وهى فى حد ذاتها من بواعث التطور. وتعطينا هذه التغيرات أبعادا فلسفية لمفهوم التكرارية والتجدد الدورى. فمقدار الضوء الشمسى الواصل لنا يتغير

من الشتاء إلى الصيف. ومن توابع الاصطدامات العظمى كذلك، دوران الأرض حول نفسها في سرعة عالية نسبيا، تتناقض مع دوران الزهرة الوئيد.

لقد كان من شأن طول النهار والليل أو قصرهما عما هو واقع الآن أن يفرزا ظروفا أكثر قسوة فيما يخص تطور الحياة. كما أن القمر يلعب دورا فريدا بإحداثه لموجات مد وجزر ملموسة في محيطات الأرض. وتصل هذه التغيرات إلى حدها الدرامي بشكل خاص لدى خطوط السواحل عند مصبات الأنهار والخلجان الضيقة، إذ تخلق بيئة ثرية تتيح للحياة أن تتطور، كما يتكشف لنا من لمحة سريعة إلى البحيرات خلال موجات المد والجزر. وتكون القمر نتيجة لظروف عشوائية هو ما وفر هذه البيئة – المواتية –، فلولا ذلك التابع للأرض، لكانت موجات المد والجذر نتيجة تأثير الشمس وحدها واهية ضعيفة.

ولعل الملامح التي تجعل الأرض على هذا النحو الفريد من الاستقرار المواتي لاستمرار الحياة وتطورها، تتجلى في أكثر صورها درامية لدى مقارنة الأرض بتوأمها كوكب الزهرة. ففي مقابل محيطاتنا وبحيراتنا وأنهارنا لا يوجد سوى أثر ضئيل من الماء في غلاف الزهرة الجوى. وفي حين يتكون هذا الغلاف الجوى –في الأساس– من ثاني أكسيد الكربون فإن ثاني أكسيد الكربون في الأرض أغلبه محتبس في الأحجار الجيرية.

وتنامي كتل القارات اليابسة على سطح الأرض يسمح بتكون الجبال والسهول العريضة والغابات الشاسعة وأقاليم السافانا والأنهار العظيمة. وتظهر البحيرات الكبيرة –لأجل قصير– في أعقاب سلسلة من التثلج القاري. ويتسبب انجراف القارات في العديد من أشكال التغير، مثل تزحزح النطاقات المناخية عن مواضعها، وتكون سلاسل الجبال وانهيارها، والبحار الضحلة الشاسعة ، وذلك عند انغمار أرصف القارات الصخرية.

ولو لم تمهد القشرة اليابسة القارية لهذا التطور فى أشكال الحياة، لاتخذ التطور -وهو المنحصر فى جزر صغيرة محدودة - مسارا مغايرا، وربما أصبحت الطيور هى النوع المهيمن بين سكان اليابسة، كما كان الحال فى نيوزيلنده أو موريشيوس قبل وصول البشر.

ويلوح أن التباين الأساسى فى ظروف سطحى الأرض والزهرة ذو علاقة بوجود الماء بوفرة على سطح الأرض، فعمليات التكوينات الصفائحية، وتزحزحات القارات بل وتكون القارات نفسه، راجعة فى أغلبها لوجود المياه، التى تجعل لكوكب الأرض هذه الديناميكية والحراك. فما من تكونات صفائحية تحدث على الأسطح الجافة للزهرة، والمريخ، وعطارد أو القمر، ولكن المشهد الطبيعى الدارج هناك هو السهول البازلتية، بما فيها من حفر تشبه البثور المنتشرة وكأنها آثار متخلفة فى ميدان معركة حربية عظمى.

لذا فإن أسطح الكواكب الأخرى تمثل - بمعايير ظروف الكواكب - أرضا غير ملائمة بالمرة للإنسان، (شأنها فى عدم ترحيبها شأن الجبهة الغربية(*) خلال الحرب العالمية).

تقع الأرض من الشمس على المسافة الملائمة كى تجعلها كوكبا مواتيا، ذا ظروف تسمح بالسكنى. وكثيرا ما يشار إلى هذه المسألة بمشكلة جولديلوكس **Goldilocks** على اسم الفتاة التى تذوقت عصيدة الدببة الثلاثة فى القصة الخرافية(**). فالزهرة

(*) الجبهة الغربية مصطلح استعمل فى الحربين العالميتين الأولى والثانية للدلالة على الخط الفاصل بين قوات ألمانيا والحلفاء. (المترجم)

(**) يشير المؤلف إلى قصة الأطفال Goldilocks and the three Bears. وفيها وجدت الفتاة ثلاثة أوعية بها عصيدة: الأول يخص الدب الأب وهو بالغ السخونة، والثانى الخاص بالدبة الأم فاتر الحرارة أما الثالث الخاص بالدب الصغير فكان ذا درجة حرارة مناسبة. (المترجم)

بالغة السخونة، والمريخ شديد البرودة ذو برد قارس، أما الأرض -فمثلها مثل العصيدة المعدة لدب طفل - ذات حرارة مناسبة. على أن الأمر ليس على هذه الدرجة من البساطة، فالمسافة ليست بالعامل الوحيد الضالع فى هذا الشأن. ودرجة الحرارة على سطح الأرض، التى نجدها مواتية لنا حقا، فى اتزان بفعل (الاحتباس الحرارى)، الذى يبقى على الحرارة. فلولا المياه وثانى أكسيد الكربون فى الجو، لبلغ متوسط درجة الحرارة على السطح ١٨ درجة تحت الصفر المئوى، ولشابه جو العالم جو سيبيريا فى ذروة شتائها.

وسخونة الزهرة الشديدة تعود فى المقام الأول إلى تأثير (الاحتباس الحرارى) الناجم عن جوها الكثيف من ثانى أكسيد الكربون وليس إلى قربها من الشمس أكثر من الأرض. ولو لم توجد ظاهرة الاحتباس الحرارى تلك التى تحتجز الحرارة، لكانت درجة الحرارة على سطح ذلك الكوكب الملتهب أدنى من نقطة التجمد، فسحبه تعكس الكثير من الطاقة الآتية من الشمس والتى تمتص الزهرة من إشعاعها ما يربو قليلا على الإشعاع الذى يمتصه المريخ. وحتى غلاف المريخ الجوى الرقيق يضيف بضع درجات حرارة إلى درجة حرارة سطحه ذى الصحارى المتجمدة.

وعرض النطاق فيما حول الشمس ضمن المجموعة الشمسية، حيث يمكن أن يستقر كوكب صالح للسكنى فوقه ضيق للغاية. وتتراوح تقديراته من عُشر وحدة فلكية إلى نصف وحدة فلكية فيما حول مدار الأرض. على أن صلاحية كوكب ما للسكنى تعتمد على حزمة متشابكة من العوامل، لا تشكل المسافة التى يبعد بها عن الشمس إلا واحدا منها. فمقدار الغلاف الجوى وتركيبه، وطبيعة غطاء السحب ذات أثر حاسم ودقيق. ومن ثم فليس الأمر مجرد وجود كوكب بحجم الأرض على مسافة ملائمة من نجمه، وإنما يدخل فى هذا الشأن عوامل أخرى.

على أية حال، ليس هذا بكل شيء. لقد احتفظت الأرض بمناخ يعد فى حكم المنتظم على مدى أربعة بلايين عام. وفى الواقع يبدو الأمر وكأن الأرض كانت ذات مناخ أدفأ قليلا قبل ثلاثة بلايين عام. وعند هذه النقطة يستوقفنا علماء الفلك، طارحين علينا مشكلة: لقد كانت الشمس فى تلك الحقبة السحيقة قد بدأت سطوعها منذ فترة وجيزة. وتنبئنا الأبحاث النظرية الفلكية أنها لا بد كانت آنذاك تطلق من الضوء ما يقل عما تطلقه الآن بنحو الربع أو الثلث، وهى المسألة المشهورة عن "الشمس الخافتة فى العصور المبكرة""Faint early sun. وتبدو هذه النظرية الفلكية من الرسوخ بمكان، مستندة - بثقة - على فيزيائيات الاندماج النووى للهيدروجين إلى هيليوم. ومن هنا فللمرء أن يتوقع أن الأرض المبكرة آنذاك كانت يبابا متجمدا، ثم أخذ الدفء يدب فى أوصالها رويدا رويدا عبر الأزمنة مع ازدياد عطاء الشمس من الطاقة. على النقيض من ذلك، تقطع الأدلة الجيولوجية الحاسمة بأن الأمواه الجارية، فى نحتها لسطح الأرض الذى أفرز رواسب كاملة يبطنها الماء، بما بها من علامات من أثر كسارة الأحجار، ودلالات على موجات مد وجزر إضافة إلى شواهد أخرى كلها تؤكد وجود الماء إبان كل هذه الحقب الممتدة. ولقد حدثت التقلبات المناخية البديعة من حين إلى آخر - تلك التى نطلق عليها العصور الجليدية - خلال فترات زمنية بينية نادرة خلال سجل العصور الجيولوجية. وفى الأغلب الأعم كان مناخ الأرض آنذاك أكثر اعتدالا من الفترات الحالية بين العصور الجليدية التى تتسم بعدم الاستقرار والتى بدأت منذ عشرة آلاف عام مع تراجع الصفائح الثلجية.

لقد طرحت تفسيرات عدة تشرح الكيفية التى تدبرت بها الأرض أمرها وحافظت على مناخها المستقر رغم ضعف سطوع الشمس (تلك الظاهرة التى يلح عليها الفلكيون ويتمسكون بها). وفى العادة يعزى الأمر إلى نوع من "تأثير الاحتباس الحرارى"، وتعددت الاقتراحات حول وجود الميثان أو الأمونيا أو ثانى أكسيد الكربون.

على أية حال فإن جوا غنيا بثانى أكسيد الكربون الذى غالبا ما ينسب إليه الاحتباس الحرارى، من شأنه أن يجلب تأثيرا معاكسا. فالمحتمل هو أن تتكون سحب الثلج الجاف فى طبقات الجو العليا، عاكسة لأشعة الشمس، مفضية إلى كرة أرضية أشبه ما تكون بكرة من الجليد، بحيث يصبح هذا حالة مستديمة. ومن الجلى أن توازنا دقيقا فى الملابسات سمح بظروف مواتية يسرت للحياة أن تنشأ.. وتزدهر.

وهكذا، فإن الأرض قد تطورت من خلال سلسلة من الأحداث الجزافية لتصبح مكانا صالحا كى تنشأ الحياة عليه.. ثم تتطور. وما من احتمال أن تتضمن المنظومات الكوكبية الأخرى نسخا مشابهة للأرض، بل لا بد وأن نتوقع أن تختلف كثيرا فى ظروفها عنا.

وقد استمرت العشوائية فى التأثير على مسيرة التطور فى الحياة على مر العصور الجيولوجية، والتى كان أكثر أحداثها درامية ذلك الاصطدام الهائل بكويكب والذى وقع قبل خمسة وستين مليون عام، فأتى على أصداف الأمونيت(*)، والبلصورات(**) رشيقة الحركة، والديناصورات الجبارة وعلى الكثير غيرها قرب الحد الفاصل ما بين العصرين الطباشيرى والثلاثى. لقد عبدت تلك الكارثة العظمى الطريق للثدييات كى تتطور، وتحل فى الأماكن الشاغرة محل ما سبقها. أليس من الطريف أن نتحقق من أنه لولا حدث كونى جزافى لما تطور سلف الإنسان المعاصر البتة ولما كتبت بالتالى هذه السطور؟

(*) الأمونيت ammonite: صدفة متحجرة لولبية الشكل من أصداف بعض الرخويات المنقرضة. (المترجم)

(**) البلصور plesiosaur: أحد الزواحف البحرية الضخمة التى كانت سائدة فى أوروبا وشمال أمريكا ثم انقرضت. (المترجم)

٦-٢-٢ أصل الحياة

نعرف جميعا أن العنصر الجوهرى للحياة هو وجود الكربون والعناصر المرتبطة به. إلا أن تلك العناصر الكيميائية لم تكن متواجدة منذ البداية، فلم ينجم عن الانفجار الأعظم(*) Big bang سوى الهيدروجين (الذى يكون تقريبا ثلاثة أرباع مادة الكون)، والهيليوم (والذى يكون حوالى الربع) إلى جانب آثار طفيفة من الليثيوم. أما العناصر الأثقل والتى تشمل الكربون والأكسجين والنيتروجين والفسفور والحديد وغيرها من العناصر الجوهرية لوجود الحياة وكذلك لنشوء الكواكب فقد تكونت فيما بعد من خلال تفاعلات نووية داخل النجوم، ومن خلال انفجارات المستعرات العظمى. (السوبرنوفا) لقد كونتها (الأفران) النووية بمقياس ومعدلات كانت كفيلة بإدهاش كيميائيى العصور الوسطى. فإذ يدنو النجم من نهاية دورة حياته، يطوح بمادته بعيدا، أو ينفجر، وتتناثر العناصر الكيميائية المتكونة حديثا به فى الغاز والغبار المتواجدين فى الفضاء فيما بين النجوم، وبذا تتوفر المادة التى تولد منها أنجم جدد.

ومن الجلى أن الحياة لم تكن لتبدأ حتى صارت هناك وفرة نسبية فى العناصر مثل الكربون والبوتاسيوم والفسفور، ولقد احتاج الأمر إلى عدة بلايين من السنين، وأجيال كثيرة من النجوم لإنتاج ما يكفى من هذه العناصر لبدء الحياة. وفى الوقت الذى تكونت فيه المنظومة الشمسية، كانت العناصر الأثقل تكون زهاء اثنين فى المائة من غاز وغبار السديم الشمسى.

ومن ثم، فليست الحياة أمرا وجوبيا يتحتم وجوده فى الكون، وإنما هى مجرد مجموعة أخرى من المركبات الكيميائية التى عليها انتظار الملابسات المواتية. والجزيئات

(*) نظرية الانفجار الأعظم big bang أو النظرية الانفجارية عن نشأة الكون: مؤداها أن مادة الكون كانت فى الأصل مركزة تركيزا شديدا ثم لسبب ما حدث -منذ نحو ١٣ بليون سنة، انفجار شديد أدى إلى تناثر المادة فى جميع أرجاء الكون. (المترجم)

البيولوجية الأولية مثل الأحماض الأمينية والأحماض النووية تشيع بدرجة كافية بحيث إذا ما توافرت الظروف المواتية على كوكب ما، فربما تدب الحياة فى أى موضع بالكون. ومن هنا يبدو من المحتمل ظهور الحياة فى أى مكان بشرط توافر المزيج المناسب من ظروف كيميائية وبيئية بحيث تنتشر فى أرجاء الكون. أما تطور ذكاء البشر ووعيهم فذلك شأن آخر سأتناوله فيما بعد.

غالبا ما يشار إلى وجهة النظر هذه بالتبسيطية (*) **reductionist**.، وهى تتصارع مع الفكرة القائلة بأن للحياة -بعيدا عن حقيقتها الفيزيائية - جانبا غامضا سماويا أثيريا وهو ما اصطلح على تسميته بالروح. وتعود هذه الفكرة تاريخيا إلى زمن أفلاطون على أقل تقدير. ومفهوم "الروح"، كجزء من "العقل" أو "ذلك الشبح الموجود داخل الآلة"(**) يبدو حديثا نسبيا، يرجع فى الأرجح إلى رينيه ديكارت الفيلسوف الفرنسى (أو فلنقل الهولندى، حيث إنه قضى أغلب سنى إنتاجه الفكرى فى هولندا).

ويقدم لنا فرانسيس كريك (المولود عام ١٩١٦) فى كتابه الشائق "الفرضية المدهشة" **Astonishing Hypothesis** رؤية مختلفة. فأنت - فى نظره - فى واقع الأمر لست إلا محصلة ختامية لسلوك (عدد هائل من الخلايا العصبية وما يرتبط بها من جزيئات)(٥).

(*) التبسيطية reductionism : هى محاولة تفسير الظواهر أو البنى المعقدة بمبادئ بسيطة نسبيا والتأكيد على أن العمليات الحيوية أو العقلية هى نتيجة القوانين الكيميائية والفيزيائية. (المترجم)

(**) الشبح الموجود داخل الآلة The ghost in the machine تعبير يقصد به الدلالة على مقولة ديكارت أن الروح هى جزء من العقل يشتمل على الرغبات الطبيعية والعواطف والأفكار. والعبارة صاغها الفيلسوف البريطانى جيلبرت رايل فى كتابه "كنه العقل" (١٩٤٩) ويقصد بها أن النشاط العقلى فئة مختلفة عن النشاط البدنى ولا يعرف على وجه التحديد كيفية تفاعلهما معا. (المترجم)

على أية حال، يتجلى هذا لى فى كلمات توماس جيفرسون (١٧٤٣-١٨٣٦): "أن تكون دالا على نفسك أكثر من كونك مثيرا للدهشة"، وسأستأنف هذا النقاش حول وجهة نظر "التبسيطية" بصورة موسعة على أساس من نماذج يمكن رصدها واختبارها من الناحية العلمية.

تتقارب التقديرات حول تاريخ أصل الحياة على الأرض، ويصطلح معظمها على انقضاء أربعة بلايين سنة تقريبا منذ بدئها، وإن شاب ذلك قدر كبير من عدم التيقن(٦).والتجارب الشهيرة التى أجراها ستانلى ميللر (المولود عام ١٩٣٠) وهارولد أوراى فى خمسينيات القرن العشرين أنتجت كميات وفيرة من الأحماض الأمينية (وهى السلف المرجح الذى بدأت منه الحياة).

لقد تم تحقيق ذلك الإنجاز الفذ الخارق عن طريق تمرير شرارات كهربائية تحاكى وميض البرق فى مزيج من الهيدروجين والأمونيا والميثان، والذى اعتُقد أنه يحاكى جو الأرض الذى كان يحتوى على هذه الغازات فى العصور الباكرة.

على أية حال، فهناك دليل جيولوجى يعتد به على أن الجو قبل أربعة بلايين عام كان مكونا من بخار الماء وثانى أكسيد الكربون والنيتروجين. فإذا كان جو الأرض قد تكون من غازات البراكين أو من إعادة دوران هذه الغازات، فليس من المحتمل أن يحتوى الجو فى ذلك الزمن المبكر مقادير ضخمة من الهيدروجين والأمونيا والميثان.

ولا تختلف الصخور البركانية العتيقة كثير اختلاف عن الحمم البركانية الحديثة، فلعل البراكين كانت تقذف فى الزمان الغابر الماء وثانى أكسيد الكربون شأنها شأن البراكين الحالية. وتفترض بعض النماذج النظرية الأخرى أن الحياة قد نبتت فى "مستنقع داروينى دافىء صغير"(*). ففى مثل هذه الظروف البيئية، ربما أمكن

(*) نظرية لداروين عن إمكانية بدء الحياة فى مستنقع ضحل تحت ظروف معينة. (المترجم)

للمركبات العضوية المعقدة التى تكـونت فى الجو بفعل البرق والإشـعاع الشمسى فوق البنفسجى، عـلاوة على تلك المركبـات التى جلبتهـا النيازك، ربما أمكنهـا إنجاز الطفـرة الضـرورية إلى أنواع الكائنـات المتناسـلة. وغالبا ما يعتقـد أن المواد المعدنية الطينية تهيىء نوعا من جزىء الحمض النووى اللازم لتركيب جزىء كبير.

لقد تآزرت مشكلتان لتقللا من درجة تقبل هذه السيناريوهات، ففى تلك الحقب الموغلة فى القدم كان يندر وجود قشرة قارية يابسة، فلم يكن هناك إلا بضع جزر تتوفر فوقها اليابسة الجافة أو البرك المتخلفة من موجات المد والجزر، والأدهى من ذلك هو مدرار الكويكبات والمذنبات المهلك. فإذا حكمنا بمقتضى ما نرى من أعداد الحفر على سطح القمر وأعمارها، فإن رجوم الأجرام ذات الكتل الهائلة، والقادرة على تكوين أحواض يبلغ قطرها المئات بل الآلاف من الكيلومترات، قد استدامت لعدة مئات من ملايين السنين. لقد كانت مثل هذه الأحداث ذات الأثر المدمر على نطاق واسع شائعة ومنتشرة قبل ٤٠٠٠ مليون سنة، ولا بد أن مسـيرة تطـور الحـياة قد أحبطتها الرجوم المتوالية التى كان من شأنها أن تسحق أية قشرة يابسة تحاول أن تتكون فوق سطح الأرض حينئذ، فى حين أزالت الارتطامات العظمى أى غلاف جوى تكون آنذاك.

وبسبب هاتين المشكلتين فيما يتعلق بتطور الحياة على سطح الأرض، فقد تركز الاهتمام حاليا حول الكيفية التى تمكنت بها صور الحياة من العثور على مكمن آمن يقيها من الرجوم المنهمرة. فهناك فى الأعماق تحت المحيطات قد تكون الحياة قد شبت فى أمان نسبى، واستوطنت المناطق السطحية فقط عندما خفت وطأة الرجوم المنهمرة. قد تكون الملابسات المواتية لنشوء الحياة - والحالة هذه - قد تواجدت قبل زهاء ٤٣٠٠ مليون سنة، فى أعقاب الارتـطام الذى أدى لتكون القمر مباشرة. ففوهات البراكين

التى غالبا ما يشار إليها "بالمداخن السوداء"(*). يشيع وجودها تحت مياه المحيط فى المرتفعات الواقعة فوق قيعان بوسط المحيط، وهى مصدر ثرى لأنماط غريبة من صور الحياة. ومن بين الكائنات الحيوية الأكثر بدائية، البكتريا حاملة الكبريت.

لقد أظهرت التجارب أن الجزيئات العضوية ذات التركيب المعقد يمكن أن تتكون فى ظل هذه الظروف(٧)، وكانت هذه الظروف المناخية منتشرة فى التاريخ المبكر فى الأزمنة الأركية، حين انبثقت معظم الحمم تحت المحيط فى غياب كتلة كبيرة من اليابسة. وشأنها شأن (زوج من القفازات) تتواجد المركبات العضوية المعقدة بنسبتين متساويتين فى هيئتين يسرى ويمنى.

ولو داومت الجزيئات العضوية على الإتيان من الفضاء الخارجى فمعنى ذلك أن كلا الهيئتين اليسرى واليمنى أتت من النيازك على أية حال فقد اتسمت الحياة على الأرض بانتقائية عجيبة تثير الفضول. فالأحماض الأمينية فى الكائنات الحية تتخذ هيئة اليد اليسرى فحسب. وعلى النقيض من ذلك فكل جزيئات الأحماض النووية فى هيئة اليد اليمنى. لماذا كان الأمر كذلك؟ ما من أحد يدرى، ولكن يبدو كما لو كان الأمر ضم حدثا مفردا أو ربما عملية انتقائية. لذا فإن ظهور الحياة يبدو فى توفيق عملية إصابة الهدف من طلقة وحيدة. ربما كانت هناك أفضلية تطورية مبهمة أدت إلى هذه الانتقائية فى تكوين هيئة المركبات العضوية المعقدة... وربما كان الأمر مجرد صدفة عشوائية من تلك الصدف التى ثابرت على التواجد ولعبت دورها بمجرد أن تهيأت لها الظروف.

(*) تنبثق من الفتحات فى أرضية المحيط مياه حارة غنية بالمواد المعدنية (أساسا الكبريتيدات)، وعند ما تلتقى بمياه المحيط الباردة تترسب هذه المواد حول كل فتحة فى تكوينات شبيهة بالمداخن السوداء. (المترجم)

ويتذكر المرء هنا ترتيب الحروف qwerty على لوحة مفاتيح جهاز الحاسب الآلى، والذى يعود اختياره إلى الحاجة إلى الفصل ما بين الحروف التى يكثر استعمالها، منعا لمشاكل التعطل فى أجهزة الآلات الكاتبة الميكانيكية الأولى. لقد اختفت هذه المشاكل منذ زمن طويل، وذلك رغم وجود ترتيبات أخرى للوحة المفاتيح تكفل كفاءة أعلى لها. أما قضية ترتيب الأحافير فما زالت ماثلة أمامنا.

لقد أول فريد هويل (المولود عام ١٩١٥) ومعاونوه بعض الملامح فى أطياف مذنب هالى، إلى دليل على وجود بكتريا، وكان من شأن تحقق هذا التفسير أن يحوى تضمينات عميقة عن أصل الحياة. فمثل هذه البكتريا كان يمكن أن تصل إلى الأرض - فى صورتها المكتملة - من الفضاء الخارجى. على أن الخطأ القاتل فى هذا المعتقد الطريف، هو أن التعريف هنا ليس لحالة مفردة، فالعديد من الجزيئات العضوية تبدو لها ملامح تعطى تطابقا ممتازا مع "البصمات" الطيفية المميزة للبكتريا. وليس من العسير العثور على مشابه لأطياف البكتريا بين ملايين عديدة من المركبات العضوية المألوفة.

على أيه حال، لقد برزت الحياة إلى الوجود. وهناك من الدلائل ما يشير إلى أنها استقرت وتوطدت على الأرض منذ نحو ٣٨٥٠ مليون سنه. والصخور الرسوبية العتيقة فى جرينلاند والتى تشكلت فى ذلك الزمن السحيق تحمل مؤشرات يدور الجدل حولها عن احتمالية وجود حياة ميكروبية، وذلك بالاحتكام إلى نسب نظائر الكربون(*) بها.

ووجود صخور رسوبية فى تلك الحقبة الموغلة فى القدم يخبرنا أيضا أن الماء كان موجودا هو الآخر على سطح الأرض. ومما يبعث على الدهشة هو أن الحياة لم تظهر

(*) يستخدم الكربون ١٤- النظير المشع لعنصر الكربون فى تقدير أعمار الصخور اعتمادا على نشاطه الإشعاعى. (المترجم)

مبكرا هكذا فحسب، ولكنها تطورت بوتيرة سريعة. ويبدو بوضوح تواجد حياة بعد ذلك ببضع مئات من ملايين السنين.

والأحافير البكتيرية (الاستروماتولايتات) محفوظة كأحافير فى مجموعة واراوونا(*) Warrawoona Group : التى يبلغ عمرها ٣٤٥٠ مليون عام فى غرب استراليا. ومما يثير الفضول أن أحافير بكتيرية مشابهة آخذة فى التشكل فى زمننا الراهن فى مكان غير بعيد بخليج القرش Shark Bay، على ساحل استراليا الغربى، (وهى إشارة مشهودة على قدرة الحياة على البقاء فوق هذا الكوكب لفترة تربو على ثلاثة بلايين ونصف بليون سنة). وينبئنا ذلك بالمثل أن الظروف على سطح الأرض لم تتغير بصورة جذرية فى تلك المنطقة عبر تلك الحقبة الزمنية الممتدة.

وهكذا يلوح أن الحياة أحسنت التأقلم والتكيف منذ بدايتها. وقد صاغت البيولوجيا تنويعة مذهلة من الكائنات الحية (من ضمنها يعيش حاليا نحو ثلاثة ملايين نوع من الخنافس)، وذلك باستعمال أساليب بسيطة نسبيا تماما مثلما تم بناء العديد من المركبات العضوية والمواد المعدنية المعقدة من عناصر بناء أولية محدودة.

٦-٢-٣ عن تطور الحياة الواعية الذكية

ناقشت فيما سلف من هذا الكتاب كيف أن احتمالية تطور نسخ مشابهة من كوكبنا أو من منظومتنا الشمسية جد مستبعدة. على أية حال فمن الطريف أن نرصد تقدم التطور طبقا لذلك النموذج الوحيد المتاح لنا وأن نتساءل ما إذا كان شىء مشابه لسلف الإنسان **Homo sapiens** قد برز إلى الوجود فى مكان آخر وغالبا ما يُدرج هذا التساؤل فى عداد المسائل الفلسفية المهمة والرئيسية.

(*) مجموعة واراوونا Warrawaona Group: منطقة جيولوجية بغرب استراليا تحتوى على أحافير لخلايا بكتيرية وهى أقدم أثر للحياة على الأرض. (المترجم)

ونلاحظ أول ما نلاحظ أن التطور ليس له توجه أو خطة مسبقة كي يفرز الإنسان المعاصر باعتباره الإنجاز النهائي المنشود، فعلى مدى بليونين من السنوات، كانت الحياة على سطح هذا الكوكب مقتصرة على البكتريا البسيطة وكائنات العصر السحيق Archea. ولقد برزت الكائنات الحية ذات البنى والخلايا المركبة للوجود وهي ما تسمى باليوكاريوتات Eukaryotes(*). - ولأسباب يعسر علينا فهمها - قبل ١٨٠٠ مليون سنة.

وكما علق بريستون كلاود (١٩١٢- ١٩٩١) "كان ظهور الخلية اليوكاريوتية نصرا للفترة الثانية من العصر الكامبرى، فهو الحدث الأهم فى التطور البيولوجي بعد حدث ظهور الحياة نفسها"(٨).

ولقد ظهرت أعداد غفيرة من الكائنات الحية متعددة الخلايا عند ذلك المنعطف العشوائي فى مسيرة التطور. وللأنواع الحية فى الغالب أعمار قصيرة نسبيا بمقاييس الأزمنة الجيولوجية، تتراوح ما بين مائة ألف سنة وأربعة ملايين عام. ويقودنا هذا إلى أن نقدر عدد الأنواع التى ظهرت على الأرض بما يتراوح ما بين العشرة والخمسين بليونا.

وربما يصل التعداد الحالى إلى ما بين العشرة والثلاثين مليونا، تقدم لنا تنوعا بديعا وقدرة على التأقلم فى ظروف بيئية لا حصر لأعدادها. وبالطبع تحيا بعض الأنواع أعمارا أطول، ويمكنها البقاء على قيد الحياة بكفاءة دونما تبديل لفترات زمنية مديدة،والجين الحديث لينجيولا Lingula للكائن العضدى brachiopod(**). هو مثال

(*) اليوكاريوتات هى كل الكائنات ذات الخلايا معقدة التركيب والمحاطة بغشاء (المترجم)

(**) العضدى الأرجل brachiopod: أى من حيوانات بحرية لا فقرية ذات قشور ظهرية وبطنية مزدوجة الصدفة تغطى زوجا من أشباه الأذرع التى تدفع بأجزاء الطعام إلى الفم. (المترجم)

كلاسيكى لذلك، فهو يشبه فى مظهره وتركيبه سلفه الليـنجويلا Linguella الذى عاش لخمسمائة مليون سنة فى العصر الكامبرى.

وسمك القرش الذى يصل تعداد أنواعه إلى ٣٠٠ نوع، برز للوجود فى العصر الديفونى، وإذ نجح فى الاستقرار فى البيئة الملائمة له، فقد احتفظ بشكله الأساسى عبر سلسلة من الأنواع امتدت لفترة ٣٧٥ مليون سنة.

على أية حال، فرغم ازدهار الحياة هذا، يبدو أن الإدراك أو الوعى الذكى قد تطور - وبصورة نادرة - فى الكائنات الفقارية فقط. فبين ٢٤ رتبة من الثدييات، يبدو أن الذكاء الراقى قد ظهر فى رتبة واحدة فقط المسماة الرئيسات الـ primate(*).

لماذا سار الأمر على هذا النحو؟ من الجلى أن الذكاء الراقى تطور نادر الحدوث، فهو لم يظهر إلا مرة واحدة خلال عشرات البلايين من المحاولات.

وكما أشار البيولوجى إرنست ماير (المولود عام ١٩٠٥)(٩): "حتى الذكاء الراقى المتطور، قد لا يؤدى إلى القدرة على التواصل مع الكواكب النائية. فمن بين نحو عشرين حضارة بزغت على الأرض فى غضون آخر خمسة آلاف عام أمكن لواحدة فقط أن تطور تقنية التواصل مع صور الحياة المحتملة الأخرى فى أماكن أخرى غير الأرض.

وحتى فوق هذا الكوكب المحظوظ، لم يكن هناك شىء مهيأ مسبقا لبروز سلف الإنسان المعاصر فى سهول أفريقيا. كانت هناك ثلاث كتل قارية منفصلة على سطح الأرض متاحة لكى تتطور فوقها آخر صور مراحل تطور حيوانات اليابسة"(١٠). وقد اشتركت كل هذه الأراضى الشاسعة فى حيازة الظروف المواتية فى هذا الكوكب لتهيئة البيئة المريحة لاستمرار الحياة. وعندما غزت الحياة - وللمرة الأولى - اليابسة فى

(*) الرئيسات هى أعلى رتب الحيوانات الثديية وتشمل الإنسان والقرد وشبيهات الإنسان المتطورة. (المترجم)

أواخر العصرين السيلورى والديفونى قبل زهاء ٤٠٠ مليون سنة، كانت القارات المتناثرة تتلاحم وئيدا وئيدا حتى كونت كتلة يابسة واحدة، تلك التى نسميها بانجاى Pangaea. وفى غضون بضعة مئات من ملايين السنين التالية، تطورت النباتات والحيوانات، وأصبحت الديناصورات هى النوع المهيمن، على حين بدأت الكتلة اليابسة الهائلة فى الانقسام، (فأبحرت) قارة جنوبية ضخمة أطلق عليها جوند وانا (على اسم منطقة تاريخية فى أواسط الهند) بعيدا. وقد انقسمت تلك بدورها على مهل إلى تلك الأجزاء المألوفة لنا مما نشاهده على خرائط العالم الجغرافية، كما انفصلت استراليا وأنتراكتيكا وأمريكا الجنوبية، بما فوقها من حمولة من حيوان ونبات، مخلفة وراءها أفريقيا بمفردها.

وقد انفصلت أستراليا عن القارة المتجمدة الجنوبية، متجهة صوب الشمال. وارتحلت أفريقيا والهند كذلك نحو الشمال، بمعدل بضعة سنتيمترات كل عام، لتستقر فى مكانها النهائى عقب ارتطام عنيف ولتتشكل أوروبا وآسيا فى خاتمة المطاف، وينتج عن ذلك الارتطام الجبار سلسلة الجبال العظيمة: الألب والهيمالايا.

وبهذه الصورة تشكلت الكتل القارية الثلاث التى استمر فوقها التطور التالى لحيوانات اليابسة بصورة مستقلة. وبحكم عزلتها عن بقية أجزاء العالم، أفرزت أستراليا تلك الحيوانات الثديية الكيسية غير المألوفة التى أذهلت المستكشفين الأوائل.

وفى أمريكا الجنوبية استثارت أنواع حيوانات اليابسة وأحافير أسلافها، تشارلز داروين، باختلافاتها عن الأنواع المعهودة فى أوروبا، أما قردة أمريكا الجنوبية، والثدييات العليا – من أمثالنا – فلم تبرح مكانها فوق الأشجار البتة، وعلاوة على تلك الأرتال المرتبة البديعة من الأسود والظباء والحمر الوحشية والزراف وسواها من الحيوانات التى نعجب لها جميعا، تدبرت أفريقيا أمرها، وأمكنها إفراز سلالة أخرى فريدة فى نوعها..

إنها سلف الإنسان المعاصر Homo Sapiens. لم تظهر فوق القارات الأخرى سلالات تشبه الإنسان، ولو شبها طفيفا. والنتيجة الصريحة التي نخلص إليها، هي أنه حتى مع اكتمال الظروف البيئية بكافة أشكالها، كانت *الصدفة العمياء هي التي مازالت تحكم تطور الحياة الذكية*.

فإذا ما أضفنا صعوبة تحقق الإمكانات العسيرة لتطور كوكب صالح للسكنى، إلى فرص (صدف) تطور كل من الذكاء الراقي والحضارة المتقدمة تقنيا، فإن الاحتمالات الاستثنائية في العثور على "الرجال الخضر الصغار(*)" في مكان آخر من الكون، يؤول *إلى الصفر*.

٦-٢-٤ الحياة على كوكب المريخ

دائما ما يفتننا كوكب المريخ، فهو الموضع الوحيد في المنظومة الشمسية الذي تقارب ظروفه - إلى حد ما - ظروف الأرض. وقد كان السبب الرئيسي وراء إرسال وكالة ناسا لمركبة الفايكنج إلى المريخ عام ١٩٧٦، هو محاولة استكشاف ما إذا كانت هناك حياة موجودة على الكوكب.

ولسوء الطالع دحرت الظروف المناخية غير المتوقعة على سطحه هذه المحاولة لجعل علم الحياة الفلكي exobiology(**) يتضمن بعض المادة العلمية الدسمة. لقد أجرت مركبات الفايكنج على سطحه ثلاث تجارب قائمة على علم الأحياء، وكلها أفضت

(*) الرجال الخضر الصغار little green men هو الاسم الرمزي الذي يطلق على الكائنات التي يتخيل البعض وجودها على الكواكب الأخرى حسب تصورهم ككائنات ضئيلة الجسم لها ما يشبه الهوائي فوق رءوسها. كما ذكر بالباب الأول (المترجم)

(**) علم *الحياة الفلكي* exobiology: هو فرع علم الأحياء الذي يدرس الحياة خارج الأرض وتأثيرات الفضاء الخارجي على الكائنات الحية. (المترجم)

إلى نتائج غامضة. فقد انبعث كميات ضافية من الأكسجين عندما أضيف الماء إلى عينات التربة. ولقد نسبت هذه النتيجة الغريبة - على وجه العموم - إلى وجود مكون ذى تأثير مؤكسد قوى فى التربة. وتمثل تلك التجارب الصعوبة المتناهية فى تصميم الاختبارات للتعرف على وجود حياة خارج كوكب الأرض.

والدرس الثانى المستفاد من رحلة المركبة فايكنج هو أن المرء لا ينبغى أن يجعل التجارب التى تجرى فوق سطح مركبة الفضاء بالغة التعقيد، والخبرة من تجارب علم الحياة على سطح المركبة فايكنج هى: إذا لم تحصل على الإجابة التى تتوقعها، فقد تلقيت بيانات ليس بالوسع تفسيرها. لقد كان من شأن فحص بضعة جرامات من تربة المريخ التى جلبت إلى الأرض إخبارنا سريعا ما الذى سبب هذا التفاعل الغريب فى تلك التجارب البيولوجية.

وقد أجريت تجربة حاسمة على متن مركبات فايكنج من خلال مقياس طيفى تم تصميمه للتعرف على المركبات العضوية. ولم يعثر على شىء حتى مع الهبوط إلى مستوى الاحتواء على أجزاء من البليون، وفى ظل غياب هذه المركبات، فليس من المتوقع تواجد أى صورة من صور الحياة -كما نعهدها على الأرض - ويختلف ذلك عن سطح القمر، حيث عثر على بضعة أجزاء فى المليون من المركبات العضوية.

صحيح أن هذه الأرقام لا تبدو ذات قيمة، بيد أنها تزيد على الرقم بتربة المريخ بأكثر من ألف ضعف. لقد كان من المفترض أن تضيف النيازك والمذنبات المنهمرة من نسبة هذه الجزيئات فى تربة المريخ. ومن هنا تظهر لنا المفارقة، فلا بد وأن هناك أسلوبا يتسم بالكفاءة يتم به تدمير الجزيئات العضوية على سطح المريخ. وقد يرجع تدمير مثل هذه الجزيئات العضوية إلى وجود مركبات كيميائية مؤكسدة بالتربة.

فى أعقاب النتائج السلبية لرحلة الفايكنج فى ١٩٧٦[١١]، تحولت قضية الحياة على المريخ إلى موضوع للتندر (يا لها من سنة مخيبة للآمال: لا شىء فى برامج التليفزيون، لا شىء فى البحيرة الاسكتلندية Loch Ness،[*] .ولا شىء بالمريخ).

وعلى الرغم من كل شىء، فالأمل ما زال حيا إذ تتركز البحوث الآن على التماس آثار للحياة فى الأحافير فيما حول الأماكن التى وجدت بها الينابيع الحارة فى الزمن الباكر.ولقد أشعل هذه البحوث اكتشاف حياة بكتيرية فى ظروف بيئية متطرفة من حيث الحرارة والبرودة على الأرض. ويصور ذلك قدرة الحياة على التكيف بحيث تتأقلم مع كل بيئة مناخية تقريبا على سطح الكوكب.

لقد تلقى هذا البحث دفعة تحفيزية إضافية. فقد زعم البعض احتمال وجود آثار ضئيلة لحياة بكتيرية مبكرة اكتشفت فى نيزك من المريخ. لقد استخرجت هذه الصخرة من تحت السطح حيث استقرت عن طريق ارتطام نيزكى قبل ١٦مليون سنة، ثم سقطت فى نهاية الأمر على الأرض بأنتراكتيكا منذ ١٣٠٠٠عام، وتم استخراجها من مهدها الثلجى عام١٩٨٤ . والصخرة ذاتها عتيقة جدا إذ يصل عمرها إلى أربعة ونصف بليون سنة أى أنها تعود بالفعل إلى تاريخ تكون المنظومة الشمسية. ومما يثير الفضول أنها أقدم بكثير من أى نيزك آخر قادم من المريخ.

ويلاحظ تكوينات دقيقة أشبه بالأنابيب على كريات من الكربونات داخل عروق من مواد معدنية، تكونت خلال التهشمات التى نجمت من ارتطامات النيزك. والعروق التى وجد بداخلها التكوينات الضئيلة الشبيهة بالبكتريا ربما كانت أصغر عمرا بنحو بليون سنة من الزمن الذى تشكلت فى أثنائه الصخرة.

(*) بحيرة لوخ نيس loch Ness: ثانى بحيرات اسكتلندا مساحة وأكبر بحيرة عذبة فى بريطانيا العظمى ويكثر الحديث عن وجود كائن غريب من بقايا الديناصورات مختف فى أعماقها ويظهر فى أحيان متباعدة. (المترجم)

لقد زعم البعض أرتالا عديدة من الأدلة التى ترسخ مفهوم وجود حياة بدائية فى هذا النيزك. وشمل وجود مركبات عضوية زيتية (هيدرو كربونات عطرية متعددة الحلقات PAH) مع ما يصاحبها من مواد معدنية. وكل ذلك يشير برمته إلى احتمال وجود بعض الأنشطة البيولوجية العتيقة، إلا أن سلسلة الاستدلالات هذه يتبين ضعف حلقاتها، إذ يمكن تفسير وجود المواد المعدنية نتيجة عمليات غير عضوية، فى حين أن الهيدرو كربونات العطرية متعددة الحلقات هى من الملوثات المنتشرة فى ثلوج أنتراكتيكا.

وهكذا يفشل كلا الأمرين فى تشكيل دليل دامغ (كمسدس ما زال يخرج منه الدخان)(*) ولعل أكثر المشاكل صعوبة هو أن حجم الكائنات الدقيقة ذات الشكل الأنبوبى يقارب حجم أصغر الفيروسات لدينا. فهناك مجال لاستيعاب بضعة مئات من الذرات فحسب، والبكتريا بالأرض أكبر بآلاف المرات من هذه الكيانات المريخية الملغزة. وخبرتنا على الأرض أن جزيئات ذات حجم أكبر تلزم بالتأكيد لاستنساخ الكائنات لنفسها ذاتيا.

فالتشكك الكبير فى هذا له ما يبرره. فى ستينيات القرن العشرين أثير جدل كثير حول اكتشاف "عناصر منسقة" فى النيازك البدائية، بدت مشابهة لشكل حبوب اللقاح، ولقد كانت كذلك بالفعل. لقد أتت من حقل كان النيزك قد هوى فيه، أو لعلها تسربت داخل صندوق المتحف فى باريس حيث ثوى النيزك لأكثر من مائة عام. على أية حال، إذا تأكد وجود حياة عتيقة على المريخ بصفة نهائية فسيثير ذلك شغف الفلاسفة، وسينبئنا أن الحياة ربما تبرز للوجود فى أى مكان إذا ما تهيأت الظروف الكيميائية المواتية.

(*) يستخدم تعبير المسدس ذى الدخان smoking gun كناية عن الدليل الدامغ، فخروج الدخان من فوهة المسدس دليل دامغ على أنه هو الذى أطلقت منه الطلقات. (المترجم)

إنه بالطبع طريق طويل يبدأ من البكتريا وينتهى "بالرجال الخضر الصغار" الذين يروق لكثير من الناس الاعتقاد بوجودهم. والأكثر من ذلك، لو أن الحياة برزت للوجود فوق المريخ ثم بادت، فمعنى هذا أن الحياة لم تقو على التأثير في ظروف المريخ البيئية وأقلمة الكوكب كي يكفل استمرار الحياة عليه، ومن شأن هذا أن يشكل اختبارا، وبرهانا على عدم صحة فرضية "جايا" لجيمس لوفلوك "أن الأرض"كيان حي".

٦-٢-٥ هل صُمم الكون خصيصا من أجلنا ؟(*)

لو أن الهدف النهائى هو بروز سلف الإنسان المعاصر إلى الوجود،هل كانت هذه السلسلة العشوائية من الأحداث الجزافية سترتب وتنظم على هذا النحو فى المنظومة الشمسية ؟ حقا، لو أن الكون كان مصمما من أجل ظهور النوع الإنسانى، فإن آلياته تتسم بكفاءة لا تعقل فى درجة تدنيها.

لقد استغرق الأمر عشرة بلايين من السنوات لكى يتمخض هذا التصميم الهائل عن إنتاج سلف الإنسان المعاصر بنماذجه الطريفة من أمثال بول بوت، وجنكيزخان، وأتيللا، والهان، وأدولف هتلر. إن هناك نماذج أحطّ لا حصر لها من ذوى السلوك المروع بين جنسنا البشرى.

قد يكون هذا تراثا حملناه من أسلافنا من الصيادين وجامعى الثمار أو من الجدود الأكثر بدائية فى مجتمعات" النياندرتال"(**). ونحن نشاهد حصاد كل هذا فى

(*) نترجم هذا الجزء وما يليه حرفيا حسب ما تقتضيه الأمانة العلمية دون التطرق إلى ما يحتويه من مفاهيم عقائدية. (المترجم)

(**) إنسان نياندرتال Neanderthal: إحدى سلالات الإنسان الأول التى سكنت أوروبا وغرب آسيا وآسيا الوسطى منذ حوالى ١٠٠٠٠٠ عام (المترجم)

أغلب ليالينا على شاشات التليفزيون، ذلك الاختراع المدهش الذى يجسد العبقرية التقنية. على كل حال فقد غدت وسيلة الإعلام البديعة هذه فى الأغلب الأعم مضيعة للوقت ومجالا للتفاهات وجوانب العنف. ويشير لنا هذا بدوره إلى الحدود التى تحد ذكاء الإنسان المعاصر، وعدم مقدرة الجنس البشرى الحالى على التكيف بالسرعة الملائمة مع الظروف المتغيرة، أو اتباع أساليب السلوك المتحضرة التى يتطلبها الآن مجتمعنا ذو التقدم التقنى الفائق كى تضمن له البقاء والاستمرار.

كان ويليام بالى (١٧٤٣- ١٨٠٥) هو صاحب أوضح مقولة فى كتابه "لاهوت الطبيعة" عن ضرورة وجود "مصمم" لكل ذلك، مستعملا ذلك المثال الشهير عن شخص ما يعثر على ساعة ملقاة فى هامبستيد هيث Hempstead Heath (وهى منطقة طبيعية بكر على مساحة ٨٠٠ إيكر، تحيط بها الآن مدينة لندن الحديثة). هل يمكن أن تبرز هذه الساعة للوجود بمحض الصدفة؟ ومن ثم كان الاستنتاج الفورى بوجود شخص ما قام بصناعتها. لقد أقام بالى مقولته على أساس التمحيص المتأنى فى تفصيلات البدن البشرى. وكان مثله المشهور هو عين الإنسان، كيف يمكن أن تكون قد خلقت وليدة الصدفة. لقد علق تشارلز داروين قائلا:

"إن المقولة القديمة عن التصميم (الخلق أو التخطيط فى الطبيعة) وكما صاغها بالى، والتى كانت تبدو فى الماضى لى جد حاسمة، تخفق الآن بعد أن تم اكتشاف قانون الانتخاب الطبيعى.

ليس بوسعنا بعد الآن أن نناقش مثلا، كيف أن المفصلة البديعة للصدفة ذات الصمامين (المحارة) لا بد وأن تكون مصنعة من قبل كائن عاقل ذى ذكاء، بحيث تماثل مفصلة باب يصنعها النجار. يبدو أنه ليس هناك قدر من التخطيط للتغيرات فى الكائنات العضوية أو فى عمليات الانتخاب الطبيعى، إلا بقدر اختيار الرياح لمسار هبوبها.

لقد وثقت كل الدراسات البيولوجية منذ داروين وجهة النظر هذه. وهكذا، كان محالا – قبل داروين – الرد على مقولة "إن كل شيء مصمم" إلا أن ريتشارد داوكينز (المولود عام ١٩٤١) يعلق قائلا: "لقد مكن داروين للشخص أن يكون ملحدا وكامل العقل في آن وحدا" ويضيف معلقا: "ليس في فكر الانتخاب الطبيعي هدف محدد. فليس لديه عقل ولا رؤية عقلية، ولا يخطط للمستقبل. ليس لديه رؤية أو بصيرة أو "نظر" على الإطلاق. ولو جاز أن نقول إنه يلعب دور "صانع الساعات" في الطبيعة، فإنه يكون "صانع ساعات" أعمى"(١٣).

لقد انحاز البيولوجيون لصف التطور ومنظور جزافية الأحداث، على حين هجروا البحث عن "مصمم" على اعتبار أنه ما من حاجة إلى مثل هذه الفرضية، منذ أن بين داروين كيف يمكن أن تنشأ الكائنات الحية المعقدة.

ويسود بين علماء الفيزياء في الوقت الراهن بصفة أساسية أن فكرة وجود مصمم للكون آخذة في الانزواء. ويصاغ ذلك عادة في صور مختلفة من "المبدأ الإنساني An-thropic principle" والذي سأتناوله بالمناقشة عما قريب. ويبدو هذا الموقف باعثا على السخرية، إذ إن المرء يفكر – أول ما يفكر – في أن الفيزيائيات على معادلاتها الرياضية الدقيقة، أيسر فهما من هذا التنوع المحير والمذهل الذي يجابهه في علم الأحياء. ومن ثم فمما يثير شغفنا أن غالبية أولئك الذين ساندوا الاتجاه إلى البحث عن حياة ذكية خارج كوكب الأرض كانوا من الفيزيائيين، أما علماء الأحياء، وهم المطلعون بحق على العشوائية والجزافية التي تتسم بها عملية التطور، فلقد انتابهم – بصفة عامة – الشك والريبة. لقد أشار ستيفن جاي جولد (المولود عام ١٩٤١) إلى أن ثورة أخرى وإن تتسم بالهدوء قد وقعت في تفكيرنا عن التطور.

ولقد أسهمت في هذه الثورة – بنسبة كبيرة – إعادة فحص آثار "بورجيس شيل" في كولومبيا البريطانية(١٤). إن تلك التشكلات التي كانت في الأصل القاع الموحل

للبحر فى العصر الكامبرى الوسيط منذ ٥٣٠ مليون عام مضت، قد احتفظت بأشكال حياة الحيوانات ذات الأجسام الرخوة. ففى الأغلب لا يبقى على قيد الحياة إلا الأجزاء الصلبة، فهى التى تنجو من أخطار عديدة - كأن تؤكل مثلا - قبل أن يحتفظ بها كأحافير. أما حفظ المجموعة برمتها على النحو الذى نجده فى بورجيس شيل فيبدو أنه جرى بسبب حادث جيولوجى ما. لقد امتد انزلاق أرضى تحت سطح البحر وعبر قاع البحر، طامرا تحته كل تلك الكائنات الغريبة، ولم تتكرر خلال السجل الجيولوجى بأكمله عمليات الحفظ الكاملة هذه إلا فى نماذج معدودة.

والمثال المشهور هو الطائر البدائى الأول(*) Archaeopteryx .. الذى عثر عليه فى ألمانيا فى محاجر الحجر الجيرى بسولنهوفن والتى كانت من قبل بحيرة ضحلة للشعب المرجانية بالعصر الجيوراسى(**). فقد وجد هذا الطائر فى حالة كاملة ومحتفظا بريشاته.

وعلاوة على احتوائها على الأحافير العديدة المعروفة لنا جيدا، مثل التريلوبايتات، فما يثير اهتمامنا فى "بورجيس شيل" هو احتواؤها على حيوانات لا تنتمى إلى شعبة معروفة بين تصنيفات ممالك الحيوان.

والشعب هى بالطبع التقسيم الأساسى الذى تنقسم إليه مملكة الحيوان، وهناك الآن ما بين ٢٠، ٣٢ شعبة (ويعتمد العدد على عالم الأحياء الذى تبادله الحديث). أما بورجيس شيل فتضم أكثر من عشرة كائنات حية أخرى تتمايز عن سواها، بحيث تستحق أن تصنف كشعبة متميزة (ويعتمد هذا على عالم الباليونتولوجيا(***). الذى

(*) Archaeopteryx طائر بدائى منقرض له صفات السحالى كالذيل العظمى الطويل. (المترجم)

(**) العصر الجيوراسى هو أحد عصور حقبة الميزوزوى، ويمتد منذ ١٧٥ إلى ١١٥ مليون سنة. (المترجم)

(***) الباليونتولوجيا: علم الحفريات القديمة. (المترجم)

تتحدث إليه) وهذه الأشكال غير المألوفة بالنسبة لنا لا تظهر على الإطلاق مرة أخرى فى السجلات الجيولوجية، وليس لها من نظير معاصر حديث.

فالحيوانات الشاذة الغريبة التى بوسعنا فحصها بين المجموعة الشاملة الموجودة بالمتحف الوطنى للتاريخ الطبيعى بواشنطون مثلا تمثل محاولات للتطور لم يحالفها التوفيق. ومن ثم فملايين أنواع الكائنات الحالية تمثل - فحسب - طائفة من صور الحياة الممكنة.

وربما كان بمقدور التطور أن يتجه -خلال تطوافه- صوب وجهة أخرى متمخضا عما لا يمكننا التنبؤ به من نتائج. وحتى مع ذلك، فإن التباين فى الأنواع الذى نلحظه الآن مذهل حقا. ولقد كانت صور الحياة فى الماضى أدعى إلى ذهول أعظم.

نحن نشاهد الفيلة بخراطيمها الطويلة النافعة كوحوش متميزة، وربما غير ذات شبيه. ومع ذلك فإن نوعى الفيلة لدينا الآن (الهندى والأفريقى) هما من بقى على قيد الحياة فقط من بين ثلاثمائة نوع ضمن عائلة عريضة كانت فيما مضى، وتعرف باسم البروبوسيديا proboscidea (سلف الفيل) والتى كانت تضم الماموث العملاق ذا الصوف فى سيبيريا، والأفيال القزمية المتنوعة فى كريت وقبرص ومالطا.

من الجلى أن الاستمرار على قيد الحياة أمر عشوائى. وفيما عدا الحوادث الفجائية، ربما كان التطور قد يمم شطر اتجاه مختلف بالكلية. وكما أشار ريتشارد داوكينز: "إن صانع الساعات الحقيقى لهو ذو بصيرة"[١٥]. إلا أن التطور بديل مؤقت متقلب المزاج، يتبع أى حل ناجع يخدم فى اللحظة الراهنة. عند التمعن فى مولود حديث الولادة من النوع الإنسانى، سيصدم المرء بكل تأكيد لعدم كفاءة جهازه الهضمى. وبكل تأكيد كان بمقدور (المصمم) أن ينتهى إلى حل أفضل.

ويشير داوكين[١٥] إلى أن العيون، تلك التى يذهلنا تعقيد تركيبها، قد تطورت - بصورة مستقلة - وتحورت على الأقل لأربعين مرة- وربما ستين مرة - على مسار

تاريخ تطورها، فالتقديرات للزمن اللازم لتتطور العين ذات العدسة تبلغ -ربما-نصف مليون سنة (فقط)، وهذه الفترة بمثابة طرفة عين بالنسبة للأحقاب الجيولوجية، ولكن داوكين يشير إلى أن أعيننا لا تمثل إلا تركيبا من الدرجة الثانية فى مثاليته. فالخلايا المستقبلة فى نهاية الأعصاب البصرية لأعيننا، وفى كل الكائنات الفقرية تشبه الخلايا الضوئية (ويبلغ إجمالى عددها ١٦٦ مليونا) بما لها من خطوط توصيل تبرز من جهة الأمام. وكان التصميم الحكيم يقتضى توصيلها بالمخ من الجانب بعيدا عن مسار الضوء. على كل حال فإنها تؤدى وظائفها بالكفاءة الكافية. والتغييرات التى تلزم لعكس هذه التوصيلات من الخطوط لا تجلب نفعا، ولعلها تؤدى إلى تدهور القدرة على الرؤية فى أثناء إنجاز عملية الاستبدال. ومن ثم، فرغم أن أخلافنا القادمين بعد عهود طويلة قد ينتفعون من ذلك، فليس التطور معنيا إلا بالأمر الواقع، زمانا ومكانا. ومما يثير الكثير من الشغف أن للإخطبوط نظام التوصيل الجانبى الأمثل ذاك. ولكن نظام التوصيل الأمثل هذا لدى الأخطبوط لا يحميه من أن تأكله أنواع أخرى أكثر رقيا.

٦-٢-٦ المبدأ الإنسانى

لقد انزوى الإنسان المعاصر فى ركن ناء من الكون. وكفى بالأمر سوءاً أن يحل نيكولاس كوبرنيكوس الشمس محل الأرض فى موضع المركز من العالم. ولكن حلّ بعد ذلك ما هو أسوأ. ففى بواكير القرن التاسع عشر اكتشف الجيولوجيون (هاوية الزمن التى لا قرار لها(*))(١٦) والتى لا يفقهون لها كنها والتى تمتد إلى مدى يجل عن الخيال على مدى عمر الإنسان.

(*) يشير المؤلف هنا إلى مقطع من مسرحية (العاصفة) لشكسبير نصه:

(المترجم) dark backward and abysm of time

وتتبع ذلك تشارلز داروين الذى أحل الإنسان المعاصر بين الحيوانات. ثم كان إدوين هابل (١٨٨٩-١٩٥٣) الذى ألفى أنه حتى مجرتنا- مجرة الطريق اللبنى- والتى نشاهد بالكاد حرف حافتها، ما هى إلا ذرة من رمل وسط حشد أعظم. لقد وسع المرقاب الفضائى الذى أطلق عليه اسمه من نطاق رؤيتنا لهذا الفضاء الجبار أضعافا مضاعفة.

تلوح هذه المعارف العلمية الجديدة وكأنها قد دمرت اعتزازنا بأنفسنا ربما بأعمق مما يسعنا أن نتحقق منه. وبالتأكيد -فى نهاية الأمر- لقد قصد منا أن نكون سادة المخلوقات، وأن نتبوأ نحن محل القلب من الكون، لا أن نكون مجرد قاطنين بالساحة الخلفية فى كوكب غريب وإن كان له طرافته.

على أية حال فإن إكبار الإنسان لنفسه أقوى حتى من اعتداد هرة المنزل المدللة Felis domesticus بنفسها. لقد حاول فضولنا واعتزازنا بأنفسنا أن يعيدنا إلى موقع المركز فى الأهمية بالكون. والمبدأ الإنسانى[١٧] هو واحد من أجدر هذه المحاولات بالتقدير، إذ يبعث فينا شعورا بالارتياح بين الثوابت الفيزيائية، وهو أحدث البدائل لمقولات "التصميم" التى تعود فى منشئها إلى أرسطو. وهناك صيغ عديدة للمبدأ الإنسانى - وشأنه شأن الشاى أو المشروبات الكحولية: منه القوى ومنه الضعيف - ومثل العقيدة اللاهوتية فهذه المبادىء يصعب إلى حد ما صياغتها بأية درجة من الدقة.

"وصيغة المبدأ الإنسانى القوى" يبدو أنها تقول بأن الكون ينبغى أن يكون له من الخواص ما يكفل ظهور الحياة للوجود، ومن ثم فيتعين أن تظهر الحياة بالكون لدى مرحلة ما، ولا بد أن يستدعى هذا أفعالا من لدن خالق واع، ومن ثم لا يمكن -من الناحية العلمية - سبره واختباره.

ومما يجدر ذكره - على كل - أن المبدأ لا ينص على أن الحياة التى تبرز للوجود تبعا لذلك لا بد أن تكون عاقلة ذكية، بالرغم من أنه ما من شك فى أن هذا هو ما عناه واضعو هذه الفكرة. وتذكرنا هذه النظرة بمصير "تيثونوس" المحب الخالد ل "إيوس" ربة الفجر فى الأساطير اليونانية. فقد أغرت هذه الربة "زيوس" (رب الأرباب) على أن يهبه الخلود، إلا أنها نسيت أن تسأل الإله أن يمنحه بالمثل شبابا خالدا، وفى خاتمة المطاف حال تيثونوس - تحت وطأة شيخوخته - إلى عجوز مخرف طفق يتكلم على نحو متواصل، فكان مصيره الإقصاء، ولعل فى هذه الرواية تحذيرا ينفع الفلاسفة.

أما صيغة "المبدأ الإنسانى الضعيف" فهى أكثر مرونة، إذ تقول إن خواص الكون الفيزيائية قد أقيمت على أساس القيم التى تمكن الكائنات البشرية من الوجود ومن قياس تلك القيم. ويعنى هذا أننا - فقط - نحيا فى كون بوسعنا رصده. فهى تبدو كإقرار بأمر واضح.

وقائمة الخواص الفيزيائية التى تجعل تواجدنا ممكنا هى بالتأكيد ذات وقع. وعلى سبيل المثال فهناك كيمياء الماء المثيرة للفضول، وكثافة الثلج. إن أغلب الأجسام الصلبة أكثف من حالتها السائلة، أما الثلج فيطفو على سطح الماء. ولو لم يكن الأمر كذلك لغاص إلى أعماق البحيرات والمحيطات ولما ذاب قط، بحيث تصبح الحياة -وكما نفهمها- بالغة الصعوبة.

وتبلغ كتل البروتونات والنيوترونات بالضبط القيمة الملائمة ليتمكن الهيدروجين من التكون. ثم هناك المثال الشهير عن صعوبة تكون الكربون - كعنصر - خلال عملية ائتلاف العناصر فى النجوم. ووجود حالة شبه مستقرة فى الطاقة الرابطة لنواة الكربون تمكنها من البقاء لفترة تكفى ليس فقط للإبقاء على الكربون كعنصر بل وكذلك لتمكين السلسلة من الاستمرار لتصنيع عناصر أثقل كالأكسجين.

ولولا الانعطاف الحاد فى الفيزيائيات النووية لما كان لنا وجود أصلا. وهناك أمثلة أخرى عديدة، ومن الطبيعى أن يتساءل المرء: لو كان هدف الخالق سبحانه هو وجود الإنسان البشرى المعاصر، فلماذا لم يغير من هذه الشروط أو يجعل الكربون وبقية العناصر تتواجد منذ بداية الأمر من خلال بديل آخر للانفجار الأعظم، ولماذا كل هذه العصور المديدة للوصول إلى هذا الهدف؟

ويلى ذلك تلك العلاقات المدهشة بين الثوابت الذرية المختلفة والتى يشار إليها عادة "بتطابق الأرقام الكبيرة". ترى.. لماذا تواظب النسب التى تشمل العدد ١٠ مرفوعا إلى الأس ٤٠ على الظهور؟ وهل تطابق الأرقام الكبيرة مجرد "حقيقة عمياء" ليس لها من معنى، مثل حقيقة أن الشمس والقمر لهما -فى السماوات- نفس الحجم الظاهرى؟ أهو نوع من (الدعابة الكونية)، صيغت فقط لكى تخدعنا؟ أم أن هذا التطابق محض صدفة؟ ربما كان الأمر كذلك.. مجرد حقيقة عمياء أو واقع لا معنى له ولا علاقة له بوجودنا نحن.

لعل معظم الثوابت الأساسية قد تحددت كتوابع للانفجار الأعظم، تماما مثلما تعطى النسبة الثابتة التقريبية ط العلاقة بين محيط الدائرة وقطرها، ومثلما يتحدد مدى استقرار العناصر الكيميائية بالنسبة ما بين عدد البروتونات والنيوترونات فى نواة الذرة.

لو كانت المقادير الثابتة مختلفة عما هى عليه، أو لو أن الكربون ما تكون، فلعل صورا أخرى من الذكاء العاقل كانت هى التى ستظهر، تماما مثل احتمال احتواء الجدول الدورى على عناصر مدهشة أخرى لو أن طاقات الربط بين البروتونات والنيوترونات كانت مختلفة. وبالطبع فإن كل هذه الخواص تلعب حقيقة دورا جوهريا فى وجودنا ، تماما كما أن القيمة الصحيحة للنسبة ط جوهرية فى تجميع سيارة.

ومن المثير للفضول أن القيمة ٣ لهذه النسبة الثابتة تظهر في وصف هيكل سليمان كما ورد بالعهد القديم، وهو العمل الذي اعتدنا على اعتباره معصوما من الخطأ[١٨]. وهناك بالتأكيد صعوبة في بناء عجلة صالحة للعمل إذا اعتبرت النسبة مساوية لـ ٣ بدلا من ١٤١٥٩و٣

ومما يبعث على السخرية أننا الآن نرى عنصر التصميم واضحا في الفيزيائيات تماما مثلما رأى ويليام بالي يد المصمم في الأحياء منذ مائتي عام. لقد شرح داروين الأسباب فيما يختص بعلم الأحياء. فهل مازال الفيزيائيون ينتظرون "داروين الفيزيائيات" ليشرح الأسباب وراء البرهان الواضح على وجود (مصمم) وضع لنا هذه الثوابت الفيزيائية؟ يبدو من الممكن - في نهاية الأمر - أن كل الأمور من تطابق الأرقام الكبيرة، ونسبة الفوتونات إلى الباريونات(*) وما إلى ذلك سيمكن حسابها بناء على "النظرية الموحدة الكبرى لكل شيء"(**) . ولن نحتاج في تعليل التطابقات المدهشة إلى "المبدأ الإنساني" إلا بقدر احتياجنا إلى الإله ثور Thor لتفسير العواصف الرعدية (***).

ويعاني المبدأ الإنساني من ذلك العيب القاتل: عدم إمكانية اختبار صحة الافتراضات العلمية. ولهذا السبب فهو نوعا ما بمثابة (الفضول الفلسفي) مثل فرضية الجايا التي تنص على أن الأرض "حية" واعية مدركة.

(*) تعرف نسبة الفوتونات إلى الباريونات بالعدد الكوني cosmic number. (المترجم)

(**) النظرية الموحدة الكبرى لكل شيء Grand unified Theory for Everything هي نظرية وضعية في الفيزياء تحاول توحيد القوى الكونية الكبرى (الكهرومغناطيسية والقوى النووية الضعيفة والقوى النووية الشديدة والجاذبية في قوة واحدة)، على أمل إيجاد ما يربط جميع الظواهر الفيزيائية معا. (المترجم)

(***) الإله "ثور "Thor" هو إله الرعد في الميثولوجيا الجرمانية. (المترجم)

ومن المثير للشغف أن المبدأ الإنسانى يقصر بحثه على الإنسان البشرى والغرض من تواجدنا على سطح الأرض. وعلى هذا الأساس فقد كان الأولى أن تعتبر الديناصورات التى سادت الأرض لفترة مائة وستين مليون سنة سيدة المخلوقات. لقد كان لدى الديناصورات - التى لم تكن تدرى شيئا عن الحدث الكونى الذى سيأتى عليها- مبرر كاف كى تبتدع مبدأ يخص الزواحف بعينها ويفسر لماذا دامت هيمنتها على الأرض طويلا. بل إن الخنافس التى يصل عدد أنواعها الآن إلى ثلاثة ملايين، دون أن ندخل فى الحساب أسلافها البائدين، لها حجة أقوى.

وماذا عن البلايين من الحيوانات البحرية الدنيا ذات الصدفات المثقبة Foraminif-era بالمحيطات، أو الأشجار، أو الصخور، وكل الأشياء التى ما كانت لتوجد لو اختلفت قيم الثوابت الفيزيائية؟

لعلنا نحيا فى "كون مصمم"، ولكنه كون غير مصمم خصيصا لنا. وأيا كان المغزى النهائى لتطابق الأعداد الضخمة، أو لطاقة الربط فى نواة الكربون-١٢، أو الثوابت الفيزيائية الأساسية فليست هى السبب وراء انقراض الديناصورات ولا بروز الجنس البشرى إلى الوجود فى سهول أفريقيا. فلو كانت موجة الانقراض قرب ختام حقبة الباليوزيكى(*) أكثر كفاءة لأخرت ساعة التطور القهقرى بمقدار بليونين أو ثلاثة بلايين سنة، إلى مرحلة الطحالب الزرقاء/ الخضراء، وربما توقفت هناك ولما حدث على الإطلاق تطور ينتهى بظهور البشر.

يظهر "المبدأ الإنسانى" مثل محاولة يائسة أخرى لإحلال الكائن البشرى المعاصر - بالأريحية المناسبة - ثانية فى موضع الصدارة، وهى نظرة تتوافق مع رؤية مؤلفى سفر التكوين ورؤية القرآن الكريم والنصوص الدينية الأخرى.

(*) Palaeozoic حقبة تشمل عدة عصور (الكمبرى والسيلورى والديفونى والكربونى والبرمى وتمتد قبل ٢٣٠ إلى ٦٠٠ مليون سنة. (المترجم)

على كل، وكما سأذكر عما قريب، إن الرجوع إلى أساليب تفكير العصور الوسطى حرى بأن يجلب كارثة لكوكبنا المكتظ بساكنيه.

٦-٢-٧ (الترياق) المضاد للمبدأ الإنسانى: جزافية الأحداث

ناقشت فى الفترة السابقة تلك الثوابت الفيزيائية التى تبدو كما لو كانت قد صُممت خصيصًا لظهور الإنسان المعاصر. أما هنا، فعلى النقيض يجدر بنا أن نعدد بعضا من الأحداث العشوائية الرئيسية فى عالم الفيزياء والتى أثرت بصورة مباشرة على أصل الحياة وتطورها وعلى تواجدنا على الأرض، حيث أنى قد تطرقت إلى الحديث عن غيرها فيما سلف من الكتاب.

وقائمة هذه الأحداث مثيرة حقًا، ولأبدأ بحجم الشظية التى انفصلت من السحابة الجزيئية. فلو كانت هذه الشظية أكبر حجمًا أو تدور حول نفسها بويترة أسرع، لقادها دورانها إلى اتخاذ شكل الدمبلز، ولكونت نجمين . لقد استغرقت الشظية توقيتا دقيقا لتشكيل المشترى قبل أن يتلاشى الغاز بأكمله. وبدون الدرع المتمثل فى هذا الكوكب العملاق، لكابدنا من حاصب متوال من المذنبات.

ولو أن كوكبًا ثانيًا كالمشترى قد تكوّن لكان لمنظومتنا الشمسية كوكبان فقط، أحدهما قريب من الشمس يدور حولها مرة كل بضعة أيام، والآخر ناءٍ عنها له مدار ينبو كثيرًا عن الشكل الدائرى، ولصنع كل هذه الفروق تراكم بضع كويكبات ضئيلة أو مذنبات. لقد وجد الماء على الأرض بمحض الصدفة (كحدث عارض) عن طريق المذنبات، بيد أنه يتيح حدوث التزحزحات والتشكيلات الصفائحية فى طبقات الأرض. ولو كانت الأرض أصغر حجمًا بقليل، أو أكثر جفافًا لما أعيد تدوير الحمم البازلتية مرة أخرى إلى داخل الدثار. فلولا الماء لما كان هناك جرانيت ولا قارات ندبّ عليها، ولقلت

ترسبات الخامات، ولما كان هناك ذلك التقدم التكنولوجي. ولقد يسرت القارات لآخر مراحل تطور كائنات اليابسة أن تتم فوق الماء (ومن ثم يسرت لهذه الرواية أن تكتب). هذا بينما لا نجد فى السهول البازلتية القاحلة المنتشرة فوق الكواكب الجافة الأخرى ترحيبًا لاستقبال الحياة.

ومعدل دوران الأرض، الذى نعتبره أمرًا مسلمًا به، هو من التوابع المحتملة للارتطام الرهيب الذى شكل القمر. ولولا ذلك الحدث لأشبهت الأرض كوكب الزهرة، ولدارت ببطء إلى الخلف. إن ميل محور الأرض الذى يجلب لنا تنوع الفصول -ذلك التنوع الذى احتفى به موسيقيون ورسامون عديدون- هو نتيجة لذات الحادث الذى أزاح أى جو كثيف أوّلى بعيدًا عن الأرض.

ولكن لعل أكثر الحوادث درامية على الإطلاق كان الاصطدام الهائل التى أدى إلى هلاك الديناصورات وانقضاء عصر الزواحف. ويبدو فى حكم المؤكد، لو أن الكويكب المصطدم حاد عن طريقه، لاستمرت سيطرة سلالة الديناصورات على الكوكب، ولما قدر لأسلافنا أن يمشوا قط فوق سهل أفريقيا (ولما كنت أنا لأجلس إلى حاسبى الآلى أكتب هذا الوصف). لقد قال ألبرت آينشتاين فى تعليقه الشهير "إن الإله سبحانه لا يلعب النرد"(*) .

على أية حال فالدلائل القوية على أهمية الأحداث العشوائية تشير إلى أنه فعلاً يفعل ذلك، أو أنه لا حاجة بنا لمثل هذا الافتراض، على حد رد لابلاس الشهير على سؤال نابليون له عن ذلك.

(*) قال أينشتاين هذا القول تعليقًا على العشوائية التى تتصف بها ميكانيكا الكم التى لم يهضمها أينشتاين ورأى فيها نبوًا عن نواميس الكون. (المترجم)

٦-٢-٨ هل من هدف ما وراء ذلك؟

تُعد الدراسات عن الغرض من الحياة أو من وجود الكون ومثيلاتها من القضايا الجسيمة، مما يندرج عادة فى اختصاص الفلاسفة. بيد أن نطاق اختصاصاتهم على ما يبدو قد تقلص عما كان لدى "كانت" قبل مائتين وخمسون عاماً.

لقد أمكنه أن يحرز تقدماً ملموساً فى علم الكونيات بمفهومه عن أن الطريق اللبنى ما هو إلا واحد فقط من حشد هائل من "جزر كونية". والجدال حول معانى الكلمات قد صار الآن - على ما يبدو - هو هم الفلاسفة الأول. لكن سجلهم فى حل الأسئلة الرئيسية يتضاءل - دون ريب - إزاء إنجازات العلم. ففى حين كان الفلاسفة يسعون وراء "عقل الإله" والهدف الختامى من خلق الكون، كان البرهان على أن وجودنا كان على الأرجح وليد الصدفة البحتة ووجود القمر، يجابهنا وجها لوجه.

ويبعث هذا على السخرية، لأن الفلكيين - وعلى مدى أكثر من قرن - كانوا يقصون المنظومة الشمسية بعيداً عن اهتماماتهم إلى ركن منزو غير ذى أهمية من الكون. كانت هذه المنظومة من الضآلة بحيث يمكن إهمالها - عند أول تقريب - وذلك إزاء التفكير فى القضايا المهمة الأخرى.

وعلماء الفيزياء الآن أكثر ميلاً إلى رفض مفهوم دور الأحداث الجزافية فى الكون، من ميل علماء الأحياء لذلك. فبعضهم يسلكون مسلك الرجل المرسوم على قطعة خشب(*) يحاول أن يحدق من وراء ستار العالم المرئى بحثًا عن "صانع الساعات" وراء هذا العالم. ويريد الفيزيائيون على شاكلة بول دافيز (المولود عام ١٩٤٦) أن يجدوا مغزى، على أنه فى نظام شمسى تحكمه الصدفة الجزافية، لا يكون هناك أى مغزى لهدف نهائى.

(*) يرجى الرجوع إلى الباب الأول (بند ١-٤-١) (المترجم)

ويمكن تلخيص فلسفة بول دافيز فى عبارته الرنانة: "ليس بوسعى أن أصدق أن وجودنا بهذا الكون هو مجرد منعطف حاد فى مسيرة التاريخ، أو مجرد حدث طارئ، أو مشهد عارض فى هذه الدراما الكونية . لسنا بتفصيل تافه، ولسنا مجرد منتج ثانوى صنعته قوى مجردة من العقل دونما هدف. بل هناك قصد حقًا من أن نكون هنا".

ويشير دافيز إلى أن بعض الناس مثل جاك مونود (١٩١٠-١٩٦٦) الحائز على جائزة نوبل، يعربون عن نظرة مخالفة. وقد أدلى مونود بتعليق شهير قال فيه "الطبيعة موضوعية. والإنسان يدرك فى الختام أنه وحيد فى هذا الكون السرمدى الذى لا يحس، برز فيه للوجود بمحض الصدفة. وما من مصير ولا تكليفات قد كتبت عليه مسبقًا".[٢٠]

ويفزع بعض الناس من الدلائل على تفرد ظروفنا، ويلتمسون ملجأ لهم فى شتى صور التصوف الروحانى الذى عاد إلى الظهور كرة أخرى. وقد علق أحد الكتاب قائلاً: "رغم أن العلم اليوم أقوى منه أيام ركع جاليليو أمام محاكم التفتيش، إلا أنه يظل عادة عقلية لا يحظى بها إلا القليلون. إن مستقبله محل شك كبير. والاعتقاد الأعمى يقود الكون فى ألفيته هذه إلى ظلمات تشبه ظلمة الفضاء نفسه"[٢١].

ويتذكر المرء هنا ما سمّى بالانهيار والفشل فى التحمل الذى حل بالعالم القديم. ففى أعقاب التقدم العلمى الذى أنجزه قدماء اليونان والتقدم بصفة خاصة فى متحف الإسكندرية ومكتبتها، طرأت ردة وتراجع صوب الأساطير المريحة للخواطر. لقد دمر الرعاع من المسيحيين فى عام ٣٩١ ميلادية مكتبة الإسكندرية، والتى كانت قد عثرت فى سيرابيس على ملاذ آمن لها من الحروب الأهلية التى نشبت فى القرن الميلادى الثالث. ولقد أحرق الغزاة العرب البقية الباقية من الكتب فى المدينة عام ٦٤٦م. وأعقبت ذلك ردة عن الحقائق الموضوعية إبان العصور الوسطى صوب أنماط من التفكير

الرجعى مع بدء حقبة من العصور الظلامية. ويبدو إحراق الكتب عادة شائعة ومحببة إذا ما حكمنا من واقع النماذج الحديثة التى تضم ألمانيا النازية والحرس الأحمر بالصين.

هل يقدر للمعتقدات أن تسحق العلم مرة أخرى كما حدث فى العالم القديم؟ ليس طريق التقدم الخلاب بالخالى من العقبات، فقد لاحظ هارفى بروكس (المولود عام ١٩١٥): "إذا كانت الأزمنة الحديثة قد خلفت ظروفا اجتماعية وثقافية لم يعد فيها مجال للمخاطرات العلمية، فلقد بذرت بذور فنائها وتفسخها هى نفسها، والذى سيليه اختفاء نصيب كبير من تعداد سكان العالم، واضمحلال ظروف الحياة البشرية المادية. أما ما إذا كان ذلك سيقع باديً ذى بدء من خلال كارثة بيئية ما، أو عن طريق تقوض وإحباط الكيان التكنولوجى أو من خلال محرقة حربية، فكل ذلك تفاصيل لا تغير من الأمر شيئًا[٢٢].

يبدو لى - على كل حال - أن علينا أن ننهض ونجابه الدلائل الموضوعية على حقيقتها، وذلك أفضل من نسلك سلوك النعامة الأسطورية التى تدفن رأسها فى الرمال. فمعرفتنا بأننا - على الأرجح - وحيدون فى الكون وبأن ذكاءنا الواعى قد جاءنا بالصدفة العشوائية وأننا - وحدنا - الحافظون له ، من شأنها أن تحفزنا على أن نتصرف بطريقة تتسم بتقدير المسئولية.

إن سلوك العديد من أفراد نوعنا البشرى، والذى يصدمنا باحتفاظه بخصال كانت ذات مرة نافعة للبقاء على قيد الحياة فى ظل الظروف البيئية الأولية، تلك الظروف التى حفزها الفلكلور القبلى البدائى والمعتقدات الدينية، يشكل تناقضًا شاذا مع وجهة النظر هذه.

ورسالة هذا الكتاب واضحة بينة لا لبس فيها: لقد وقعت أحداث جزافية عديدة إبان تكون المجموعة الشمسية وتطورها، بحيث أن الهدف الأصلى من ذلك - لو أن هنالك هدفًا - قد تلاشى. وعلاوة على هذه الأحداث العشوائية من جانب العالم الفيزيائى، هناك ذلك التطور البيولوجى، الذى أمكنه التمخض عن نوع من الكائنات ذى ذكاء راقٍ، بعد عشرات البلايين من المحاولات عبر أربعة بلايين عام.

٦-٣ نظامنا الشمسى الفريد فى طبيعته

٦-٣-١ الهدف من هذا التساؤل

لماذا يتعين علينا أن نتأمل الطبيعة، وأصل المنظومة الشمسية وتاريخها؟ وما هو المغزى وراء وصف كل تلك التفاصيل التي لا تحصى للكواكب، والتوابع، والحلقات، والمذنبات والكويكبات التى تتكون منها تلك المنظومة البديعة؟ هل هو مجرد استراق للنظر إلى أرض العجائب فى الطبيعة؟ أم أن الهدف هو الانتهاء إلى خلاصة شافية عن موضعنا الحالى بالكون ومحاولة فهم الكيفية التى بلغناه بها؟ فمثلما أشار "تشارلس داروين" لو سألنى شخص النصيحة قبل قيامه برحلة بحرية طويلة لتوقفت إجابتى على مدى تمتعه بذائقة لبعض فروع المعرفة التى يمكن اكتسابها. فمن الأهمية بمكان أن تتطلع إلى جنى المحصول متى نضجت الفاكهة"[٢٣].

وتلوح هنا نقطة صغيرة تتعلق بكثرة الأسفار حول الكرة الأرضية، كما فى حالة داروين أو خلال المنظومة الشمسية فى حالتنا نحن. إن مجرد التحديق فى المناظر البديعة، يزودك بما هو أكثر قليلاً من مجرد تزجية الوقت دون هدف كالسائح الذى لا يدرى على وجه اليقين هل هو فى بروكسيل أم برلين.

٦-٣-٢ الطبيعة التصادفية في المنظومة الشمسية.. هل هى فريدة فى نوعها

ثار قدر من التشوش والارتباك لدى التساؤل عن وجود منظومات كوكبية أخرى. ولقد كان مبعث هذا التشوش رغبتنا الطبيعية فى العثور على "نسخ" شبيهة لنظامنا

نحن أو لأرضنا على وجه التحديد، بما فوقها من سكان أذكياء عاقلين. وغالبًا ما نلجأ إلى وسيلة إحصائية لنناقش مدى حتمية شيوع الحياة وانتشارها فى الكون. فهناك أكثر بكثير من خمسمائة بليون مجرة تضم كل منها فوق المائة بليون نجم. كم تصل نسبة النجوم المفردة ذوات النظم الكوكبية؟ قد يفترض المرء -بصرف النظر عن الحدود الإحصائية التى تطبق، توقع العثور على كواكب تشبه الأرض، يصلح أن تنشأ عليها حياة.. تتطور فى النهاية إلى حضارة ذكية، تكتشف أن الطول الموجى للهيدروجين والبالغ ٢١ سنتيمترًا يصلح حاملاً للاتصالات مابين الكواكب، ومابين النجوم بل ومابين المجرات. والمغالطة فى مثل هذا النوع من المناقشات -وكما أشار ريتشارد داوكينز- هو ذلك الافتراض أن نسخة مشابهة للأرض ستتطور، وأن الحياة ستدُب فوقها وتتقدم منتهية إلى ذكاء راق كما حدث فوق أرضنا. ويبدو جليا من الدلائل سواء من تطور المنظومة الشمسية، أو من الصدف الكثيرة التى مر بها التطور والتقدم زيف هذه الرؤية المضللة. إذا ضرب المرء عدد الصدف التى نناقشها هنا لنشوء كوكب مثل الأرض فى عدد الصدف اللازمة للتطور نحو ذكاء راق فوقه (بنسبة واحد إلى عدة بلايين)، فالنسبة ما بين احتمالية الحدوث إلى احتمالية عدم الحدوث كفيلة بأن تجعل أعظم المقامرين مخاطرة يحجم عن مثل هذا الرهان.

أجل.. هناك منظومات كوكبية أخرى بلا ريب، بكواكب لها حجم الأرض، تدور فى مدارات تدخل فى نطاق المناطق التى تعتبر ظروفها مواتية للسكنى، بيد أن خبرتنا من واقع منظومتنا نحن بما يدعمها من أدلة قوية على وقوع عمليات عشوائية أو جزافية، تومئ إلى أن إمكانية التنبؤ بالتفصيلات فى المنظومات الأخرى جدّ مختلفة ومن هنا يتحول التساؤل الفلسفى من التساؤل عن وجود منظومات كوكبية إلى تساؤل عما إذا كانت تفصيلات منظومتنا نحن فريدة من نوعها.

إن التنوع المذهل الذى نرصده داخل نطاق منظومتنا نحن يأتى من تطبيق قوانين الفيزيائيات والكيمياء الأساسية، إلا أنه ما من وصفة بسيطة نستطيع على أساسها

أن نفهم كيف نشأت منظومتنا الشمسية بتطبيق الأساسيات الأولية، بأكثر مما يمكن للمرء أن يتكهن بوجود الفيلة من مجرد تفهمه للبيولوجيا الجزيئية.

والمحاولات المتعسفة بإقحام التكوين الغريب للقمر وعطارد داخل إطار شامل تخفق فى إنتاج "نظرية موحدة كبرى". فتقسيم الكواكب إلى أرضية وعملاقة، والتباين العريض فى الأقمار التابعة، وتواجد ذلك التابع الفذ لكوكب الأرض.. القمر، وحزام الكويكبات، وكثير من التفصيلات المدهشة وغير المألوفة لا يرجح تكرار تواجدها، بمثل ما يرجح من عدم تكرار مسار التطور الذى سلكه على كوكبنا. لقد هيمنت الصدف المحلية وتغلبت على النظريات العامة، تماماً مثلما قد يدمر تفصيل صغير تم إهماله فى الطبيعة مسار معركة حربية خطط لها على أعلى مستوى من الإستراتيجية العسكرية.

لقد أشرت هنا إلى صعوبة نشوء كوكب توأم للأرض. وحتى الزهرة التى قد يعتقد المرء فى قربها من أن تكون كذلك بتقاربهما حجماً وكثافة، لا تصلح بالمرة للحياة - كما نفهمها - وكما رأينا فعلاقة هذا الكوكب بالأرض - توأمها ظاهرياً - هى بقية من العلاقة بين دكتور جيكل ومستر هايد. لقد أدى وصول بضعة كويكبات متناهية الصغر فى فترة نشوء الكواكب، إلى تكون كوكبين متمايزين عن بعضها تمام التمايز.

إن اقترابا ضئيلاً من الشمس، أو ابتعاداً طفيفاً عنها، حرى بأن يحرق الكوكب أو يجمده. على أن مجرد الوجود على مسافة ملائمة من الشمس ليس وحده بكاف، فوجود غلاف جوى شديد الكثافة أو بالغ الرقة قد ينتج "جحيماً" من شأنه أن يبهر "دانتى"، أو أرضاً يبابا متجمدة لا تصلح إلا لإيواء البطريق. وعلينا أن نقر بأن إمكانية وجود نسخة مماثلة من منظومتنا الشمسية أو من أرضنا بكل ما لها من تفصيلات أنيقة خلابة، مستبعدة الحدوث.

٦-٣-٣ كيف تبدو هيئة المنظومات الكوكبية الأخرى؟

لقد اعتدنا على أن يكون هذا السؤال افتراضيا. وعندما تناولت هذه المشكلة عام ١٩٩٢، كتبت[٢٤]:

"ستختلف النظم الكوكبية الأخرى فى أحجامها وفى عدد كواكبها. فأى التوافيق المختلفة فى الملابسات والظروف يمكن أن تنتج فى بعض المنظومات الأخرى التفصيلات التى نرصدها فى منظومتنا نحن الشمسية أو تفضى إلى تكوّن نسخة شبيهة بالأرض وتطورها؟ هناك ولا ريب منظومات كوكبية أخرى. أما أن تشبه هذه المنظومات منظوماتنا فى أية تفصيلات -اللهم إلا فى أكثرها عمومية - فتلك هى الإمكانية المستبعدة".

وفى نفس الكتاب، كتبت فيما بعد متعجبًا:

"هل يقدر لنا أن نشاهد شيئًا مثل منظومة التوابع التى شاهدها جاليليو لمجموعة من بضعة كواكب ذات أحجام متقاربة، أو منظومات تحتوى على كوكب عملاق وحيد، أو تابع قزمى من الأقزام البنية يمثلان مجموعة ثنائية أخفقت فى التكون؟"

وفى الختام بعدما أمعنت فى تأمل منظومات التوابع الدائرة حول كواكب منظومتنا العملاقة، وصلت إلى الخلاصة التالية:

"لم يقع تسلسل بسيط من الأحداث التى يمكن تكرارها فى منظومتنا الشمسية. وستكون المنظومات الكوكبية الأخرى - فى حالة اكتشافنا لها - مختلفة فى تفصيلها عن منظومتنا. ولن يقوى على التنبؤ بالكيفية التى تبدو عليها، إلا ذوو الأرواح الجسورة."

أما الآن فإن لدينا بعضًا من الإجابات المبدئية. لقد تم اكتشاف نحو عشرين جرمًا تدور حول نجومها. هل تناظر تلك الاكتشافات الحديثة أرصاد جاليليو واكتشافه لأطوار كوكب الزهرة، والتوابع الأربعة التى تدور حول المشترى؟ لقد قوضت اكتشافاته بالفعل منظومة بطليموس وأفضت إلى القبول بأفكار كوبرنيكوس. ربما تقود

الاختلافات بين هذه الكواكب المكتشفة حديثًا وبين كواكب مجموعتنا الشمسية المألوفة لنا في النهاية إلى تحققنا من أننا وحيدون بمفردنا في هذا الكون. وعلى أية حال فستستمر دون شك الآمال الطموحة في الإصرار على وجود قرين لنا في مكان ما من الفضاء الخارجي.

والسؤال الأول هو: ما الذى نتطلع إليه، لا أعنى الأجرام السماوية بذاتها، تلك التى تتوارى فى وهج النجم، وإنما نستشعر بوجودها من شدها الجذبوى للنجم (فكلا الجرمين خاضع لميكانيكا نيوتن وهما يدوران معًا حول مركز مشترك طبقًا لكلتيهما).

وفى منظومتنا نحن الشمسية، يسبب المشترى ، والذى تبلغ كتلته واحداً من الألف من كتلة الشمس، يسبب لها ترنحًا فى دورانها، يصل إلى ثلاثة عشر مترًا فى الثانية. وبناءً على ذلك إذا وجد جرم مماثل حول نجم آخر، فبمقدورنا- من ناحية المبدأ - استشعار هذه الحركة.

إن أنجح الطرق لاستشعار وجود الأجرام فى مدارات حول النجوم الأخرى، هى التى تعتمد على الظاهرة المشهورة: ظاهرة دوبلر. فبترنح النجم فى أثناء دورانه، فإنه يقترب من الأرض ويبتعد عنها بسرعات تقدر ببضعة أمتار فى الثانية. وتتسبب هذه التغيرات الطفيفة فى انزياح الأطوال الموجية للخطوط الطيفية قليلاً. فلدى تحرك النجم صوب الأرض، تنزاح الخطوط نحو الناحية الزرقاء من الطيف ذات الأطوال الموجية الأقصر، وعندما يتحرك النجم مبتعداً عن الأرض تنزاح صوب الأحمر كما نرصد فى أطياف المجرات الموغلة فى البعد عنا، والذى يخبرنا بتمدد الكون.

ولقياس هذا الانزياح الضئيل فى الأطوال الموجية لخطوط الطيف نحو النطاق الأزرق أو الأحمر منه، نحتاج إلى صورة طيفية من مطياف ذى قدرة تكبيرية عالية جداً معد لتصوير الأطياف وتسجيلها. وأفضل الأنواع المستعملة الآن يمكنها أن تستشعر حركة النجم صوب الأرض أو بعيداً عنها فى حدود ثلاثة أمتار فى الثانية.

ولقد نتج عن هذه الدقة المتناهية إمكان تسجيل تمايلات النجوم الفعلية. وفى الوقت الراهن يمكن استشعار وجود الأجرام - فقط - التى تصل كتلتها لكتلة المشترى، أما الأجرام التى فى مثل حجم الأرض فإن أثرها فى ترنح النجم فى أثناء دورانه بالغ الضآلة.

وتتمايل بعض النجوم نتيجة لعدم استقرارها داخليًا، بما يحدث تأثيرًا يحاكى تأثير تواجد كواكب قريبة منها. لقد عُدَّ أول (كوكب) اكتشف فى مدار قريب من النجم (٥١ بيجاسى) بمثابة وحش أسطورى. إلا أن الدلائل على وجوده جدّ كافية.

لقد كان رد الفعل إزاء هذه الاكتشافات الجديدة -شأنه شأن التقارير عن الحياة على سطح المريخ- منعشًا للآمال فى العثور على حياة عاقلة خارج الأرض، وفى وجود "رجال خضر صغار" ممن يستهوون كاتبى قصص الخيال العلمى بل والسذج من الناس على وجه العموم. ومثلها مثل باقى اكتشافات العلم الجديدة، أثار وجود هذه الأجرام من التساؤلات أكثر مما أعطى من إجابات.

ما الذى جرى رصده؟ يبدو أن الكواكب المكتشفة حديثًا تنتمى إلى إحدى طائفتين: الأولى منها تضم إجمالاً ثمانية كواكب تأكد وجودها، تدور حول نجوم مختلفة، وهى أجرام تتراوح كتلة كل منها ما بين نصف وعشرة أمثال كتلة المشترى (وذلك هو الحد الأدنى فى تقدير كتلتها، فليس بوسعنا على حد معارفنا، أن نحدد المستوى الذى تدور فيه حول نجومها).

وأعجب ما يفاجئنا من حقائق، هو أن أغلب تلك الكواكب تدور حول نجومها فى مدارات أقرب كثيرًا من مدار عطارد حول الشمس، وأن فترات إكمالها لدورانها تبلغ بضعة أيام فقط (أنظر شكل رقم٤) وحتى عطارد الذى يبعد عن الشمس بمسافة ثمانية وخمسين مليون كيلو متر، يعتبر قريبًا منها بحيث يمكن القول إنها (تشويه) بحرارتها ويحتاج إلى ثمانية وثمانين يومًا ليتم دورة واحدة. ولكن أحد هذه "الكواكب"

الجديدة لا يبعد عن نجمه "تاو بوتيس **Tau Bootis**" إلا بمقدار سبعة ملايين كيلو متر. وتبلغ كتلة ذلك الكوكب أكثر من أربعة أضعاف كتلة المشترى، ويدور حول "تاو بوتيس" فى مدة تزيد قليلا عن ثلاثة أيام. وأغلب الكواكب الجديدة الأخرى - والتى يطلق على كلٍ منها اسم "كوكب المشترى الساخن "**Hot Jupiter**" - قريبة بالمثل إلى نجومها وتدور حولها فى فترات تقدر ببضعة أيام، واثنان منها يبعدان عن نجميهما بنحو وحدتين فلكيتين، وتبلغ مدة دورانهما زهاء العامين. وأربعة من هذه الأجرام المكتشفة حديثًا ذات مدارات شديدة اللامركزية، فى حين تتخذ الأخرى مدارات قريبة من الشكل الدائرى كما كواكب منظومتنا. ويدور كوكب واحد من الكواكب الجديدة -على الأقل- قريبًا من بيتا الدجاجة **Beta cygni** حول عضو من منظومة نجمية ثنائية. ولم نكن نتوقع كل هذه الخصائص الغريبة.

ولكى يتم اكتشاف كواكب جديدة، يتوجب أن تكون ذات كتلة كبيرة -أكبر من كتلة المشترى على أقل تقدير - وعلى كل حال فما من نموذج نظرى حاليًا يفسر تكوّن عملاق غازى شديد القرب من نجمه بحيث لا تزيد مدة العام على سطحه عن بضعة أيام من أيامنا المعهودة. إن تطور النجم فى فورانه العنيف المبكر كفيل بدفع الغاز والماء والعناصر سهلة التطاير اللازمة لنشوء الكوكب، بعيدًا إلى داخل السديم. ونشوء عملاق غازى فى منظومتنا يتوقف على تكوّن لب (باطن) يمكن - متى وصل إلى الكبر المناسب - أن يستحوذ على الغاز فيما حوله. وفى منظومتنا يحدث هذا لدى نقطة تكاثف الثلج على مسافة حوالى خمس وحدات فلكية.

لقد تم اقتراح نماذج نظرية متنوعة فى محاولة للتغلب على تلك المفارقة التى تمثلها الكواكب من طائفة "المشترى الساخن". فالبعض يقترح أن الغاز قد تم حبسه حول لب صخرى جاف قريب من النجم. ولكن كيف يبقى الغاز بعد تلاشى الثلج؟ فى هذا بعض الغموض. أما أكثر النماذج النظرية قربًا من الواقع فيطرح أن الكواكب العملاقة تكونت بالفعل تمامًا مثلما تكوّن المشترى، وتراكم الثلج عند "خط الجليد" لدى

تلك المواقع ذات درجات الحرارة المنخفضة بما يكفى. وتكون لب كبير أمكنه أن يقتنص الغاز قبل هروبه، ونما عملاق غازى فى السديم.

ومع وجود بقايا متخلفة من الغاز، تمكن العملاق من الانتقال نحو الداخل. لقد اقترح مثل هذا التطور المدّى الضئيل فى منظومتنا نحن لتفسير نشوء العمالقة، التى لعلها تدور الآن فى مدارات أقرب إلى الشمس من مواضعها الأصلية. وبعد أن انقشع غاز السديم، بقيت الكواكب العملاقة عالقة على مسافات مختلفة من النجم (تماماً مثل الحيتان التى غامرت بالدنو كثيراً من الساحل، وتسبب الجزر فى بقائها هناك تعانى من الجفاف).

وعلى أقل تقدير فإن نظرياتنا التى صنعناها بالجهد الجهيد لتفسير نشوء الكواكب العملاقة فى منظومتنا الشمسية مترابطة بما فيه الكفاية، غير أن هذا التطور "المدّى" قد يتمخض عن توزيع لمسافات مواقع هذه الكواكب العملاقة، توزيعاً يبدو غير مألوف بالنسبة لنا.

إن قدوم كوكب عملاق مثل المشترى إلى النطاق الذى تشكلت فيه كواكبنا الصخرية من شأنه أن يخلق نوعاً من الأذى والضرر، مثل ذلك الذى واكب اقتناص التابع تريتون والذى أتلف توابع نبتون الداخلية، وسيكون من شأن هذا العملاق أن يلملم أى بقايا صخرية متبقية من الحطام (مثلما تلملم المكنسة الجديدة ما أمامها من قمامة)، ويقذف بها نحو النجم، أو نحو النجوم القصية من السديم. وقد تولد بعض الكواكب أو الكويكبات من هذا الحطام، لدى الحدود الخارجية لمثل هذه المنظومة الكوكبية.

وهناك دراسة أخرى مقبولة ظاهرياً: تقول ببدء تكون ثلاثة عمالقة غازية فى السديم. ومثل الغوغاء غير المنضبطين، تتعامل هذه العمالقة فيما بينها بالعنف فتلقى أحد أعضائها خارج المنظومة، لافظة الثانى إلى مدار بعيد عن الشكل الدائرى بعيداً

عن النجم، وتدفع بالباقى على قيد الحياة نحو نطاق قريب ومستقر يدور حول النجم مرة كل بضعة أيام.

وقد حدس البعض أنه من حسن حظنا أن نجمين غازيين عملاقين فقط قد تكونا فى منظومتنا نحن، هما المشترى وزحل. والطائفة الثانية من هذه الأجرام المكتشفة أخيراً - (وعددها نحو اثنى عشر جرماً) - ذات كتل أكبر، تدخلها فى نطاق الأقزام البنية. وأحدها على الأقل المسمى "جليز ٢٢٩ب gliese 229B" نموذج أصيل لهذه الكائنات المراوغة، التى طال ارتقابنا لها. وتتراوح كتلتها ما بين ١٧ ضعفاً وستين ضعفاً لكتلة المشترى، ومداراتها فى الأغلب الأعم بعيدة عن الشكل الدائرى. ومرة أخرى نجدها -فيما عدا استثناءات قليلة- شديدة القرب من النجم الأم، أقل من المسافة بين الشمس والأرض. وقد تكون نشأت بالتكاثف المباشر من السديم فى ذات وقت تكون نجمها المرافق. وليست هذه الأجرام الجديدة فى عمر الكون. فأكثر من نصف النجوم الفتية التى تم مسحها لا تظهر أى دلائل بها على وجود الأقراص التى تنشأ منها الكواكب، وغالبية النجوم الأكبر عمراً لا يستدل على كواكب لها.

وأذكر فى هذا الاستعراض العابر تلك الكواكب التى رصدت حول النوابض Pulsars، وهى نجوم نيوترونية كثيفة، بمثابة البقايا التى تخلفت عن انفجار مستعر أعظم Supernova. وقد وردت أخبار عن ثلاثة أو أربعة من مثل هذه الكواكب، ولكن الشك يكتنف وجود بعضها على الأقل. ولا نعرف على وجه اليقين كيف نشأت هذه الكواكب. ولا يبدو من المرجح أن تكون بقيت موجودة بعد انفجار النجم، ومن ثم فلعلها قد تكونت فيما بعد ذلك، وربما تكاثفت من مواد انبعثت خلال كارثة الانفجار. والأجرام موزعة على مواضعها على مسافات متباينة من النجم. وبعضها على مسافات تقل عن مدار عطارد فى منظومتنا، وواحد منها يبعد عن نجمه بعد أورانوس عن الشمس.

إن هذه الأجرام تعيسة الحظ تستحم في بحر من الأشعة السينية وأشعة جاما التي ترسلها أنجمها الأمهات خلال دورانها السريع. ومن الجليّ أنها ليست بالبيئة المواتية للحياة، ومن هنا تقل أهميتها عن الأمثلة الأخرى المكتشفة مؤخراً.

وتدعم هذه الاكتشافات الجديدة الرسالة التي استشففناها من منظومتنا نحن: فلم يكتشف بينها ما يشابه منظومتنا الشمسية. ومن الواضح أن الملابسات التي توافرت لنشوء التنويعة البديعة من كواكبنا لا يسهل تكرارها في مواضع أخرى.

ومثلما رأينا عبر صفحات الكتاب، لا يتماثل أي كوكبين في نطاق منظومتنا، حتى ما نطلق عليهما التوأمين: الأرض والزهرة، متباينان فيما بينهما وكأنهما تنتميان إلى منظومتين كوكبيتين مختلفتين. وبالمثل نجد هذا الشذوذ بين التوابع الستين. فشذوذ خصائصها يتحدى كل الجهود نحو تصنيفها ضمن طائفة محددة. وينبغي أن يوضح هذا لنا جميعًا أن المنظومات الكوكبية الخارجية الأخرى لا تشابه منظومتنا. ويتعين علينا ألا تتملكنا الدهشة حين نعرف أن الطبيعة حينما حاولت -في مواضع أخرى- أن تنشيء كواكب، أو تصنع أفراداً ينتمون إلى طائفة أصغر (كالأقزام البنية)، وصلت إلى نتيجة مختلفة. ويتبقى أن ننتهي إلى خلاصة مؤداها أن محاولاتنا للتوصل إلى صيغ شاملة لتكرار تفصيلات نشوء المنظومة الشمسية، تضع أقدامنا على الطريق الخطأ، وهي القضية التي سأبحثها فيما يلي:

٦-٣-٤ محاولة العثور على نظرية عامة لنشوء الكواكب

أشار ستيفان بروش، في مراجعته الحصيفة للنظريات حول أصل المنظومة الشمسية إلى أن: "المحاولات للعثور على تفسير مقبول من الناحية الطبيعية لنشأة المجموعة الشمسية بدأت منذ حوالي ٣٥٠ عامًا ولكنها وحتى الآن خانها التوفيق

كثيراً، مما جعل من هذه القضية واحدة من أقدم المشكلات فى تاريخ العلم الحديث التى لم يعثر على حل لها بعد".(٢٥)

والتساؤل الأساسى هو: هل يمكن أن تنشأ المنظومة الشمسية بناءً على المبادىء الأساسية" ، أو بعبارة أخرى، إذا افترضنا أننا قمنا بتغذية المدخلات السليمة من بيانات ظروف السديم الابتدائية فى حاسب آلى ذى سعة كافية، فهل تعطينا المخرجات – فى الحساب الختامى – شكل المنظومة الشمسية!

يصعب علينا فى دراستنا لعالم الطبيعة أن نتجنب الانبهار والغرق فى تفصيلاته، فمحاولة الأشجار أن تشاهد الغابة دائمًا ما تكون شاقة وصعبة، ودراسة الكيمياء قبل دراسة الجدول الدورى نموذج كلاسيكى لمجموعات البيانات التى بدت محيرة مربكة حتى تم الكشف فى النهاية عن وجود أساس من نظام فيزيائى وراءها. والتباين فى الكائنات الحية فى المنظومات البيولوجية بات مفهوما بأنه نتاج تطبيق قانون شامل وحيد هو التطور طبقًا للمنظور الداروينى، رغم أن ذلك التعقيد المتناهى فى الكائنات الحية التى ظهرت للوجود، صعب من مهمة صياغة أى تعميم لاحق. ويضيف إلى هذا التراكب والتعقيد أن مسيرة التطور خاضعة لأحداث عشوائية مما يجعل التنبؤ بمستقبلها مستحيلاً.

والتباين المماثل فى المنظومة الشمسية يأتى من تطبيق قوانين الفيزيائيات والكيمياء الأساسية. ومن هنا فما من احتمال لأن يعثر المرء على "مخطط مسبق أو برنامج عمل تفصيلى" لبناء المنظومات المختلفة، من دراسة منظومة مفردة. فكثيرة جداً هى التفصيلات التى ولدتها أحداث عشوائية. ومن ثمّ فإننا نمضى فى وجهة خاطئة إذا ما حاولنا العثور على قواعد منتظمة – مثل تلك الموجودة بالجدول الدورى أو نظرية داروين عن التطور – يمكننا من خلالها تكوين (مستنسخات) من منظومتنا الشمسية.

وبدلاً من صياغة مثل هذه "النظرية الموحدة الكبرى" ، ظهرت مجموعات من الأسئلة العلمية المتنوعة التى يلزم طرحها. فحتى وقت قريب جداً كانت مشكلة أصل المجموعة الشمسية يتم تناولها كما لو كانت "أحجية فكرية"، إذ أخذ العلماء ذلك العدد اليسير من الشروط الحدية فى الاعتبار ثم حاولوا أن يجدوا حلاً شاملاً موحداً. وخلال مسعاهم ذاك كان من المعتاد مواجهتهم بقائمة من الأسئلة التى تلزم الإجابة عليها من قبل أى نظرية موضوعة عن أصل المنظومة الشمسية.

وهناك ما يربو على العشر ملاحظات، مثل تركز كتلة مادة السديم فى الشمس، والعزم الزاوى فى الكواكب، وذلك الدوران البطىء للشمس، ودوران الكواكب كلها فى مستوى واحد أو دورانها فى نفس الاتجاه، وقاعدة تيتيوس- بود، وعدد الكواكب وعدد التوابع، والتمايز بين الكواكب الأرضية والكواكب العملاقة، وميل محاور دوران الكواكب، إلى آخر ذلك مما يمكن إدراجه فى قائمة من مشاكل مهمة يلزم تفسيرها. وإذا كانت هذه البنود تنفرد بها منظومتنا الشمسية، فلن تؤدى المحاولات فى حلها إلى نظرية عامة عن نشوء المنظومات الكوكبية.

لقد صيغت إجابات عديدة عبر آخر ثلاثمائة عام لمثل هذه الأسئلة، تزعم جميعها أنها قد حسمت المشكلة. والسعى وراء مثل هذه النظريات أخطأ الهدف، طالما ليس فى استطاعتنا التعرف على عملية سائدة واحدة. ويدعم وجهة النظر هذه الاكتشافات للكواكب الغريبة الجديدة.

لم يتم إلا مؤخراً النظر إلى وجود المجموعة الشمسية كمشكلة علمية معتادة، يعكف العلماء على بحث أجزائها المفردة. وكما بين هذا الكتاب، لقد تحولنا إلى وجهة نظر أكثر واقعية وعلمية عن المنظومة الشمسية التى نحيا فيها. إننا نبحث نظاماً ألمت به أحداث جزافية جمة، أفضت إلى نتيجة نهائية مؤداها التباين بين مختلف الكواكب والأقمار.

وينبع جانب كبير من الصعوبة فى محاولتنا استيعاب المنظومة الشمسية، من حقيقة أن الأرض بما لها من تاريخ متراكب ومتفرد، وسجل غير عادى من الحفر على سطحها، ليست بالمكان الأمثل لنبدأ منه بحثنا. والقمر هو الآخر اتضح أنه جرم مفرد. إنه واضح للعيان، متاح لترصده العيون المجردة، أقرب الأجرام إلينا، ومع هذا فما زال من أكثر الأشياء فى الكون غموضًا. إنه دائب على إخبارنا فى كل وقت، أن الأحداث العشوائية شائعة الوقوع.

٦-٣-٥ مصير المنظومة الشمسية

تقودنا العقلانية إلى أن نتوقع أن تستديم المجموعة الشمسية على حالها الراهن على مدى الأربعة بلايين سنة القادمة. ورغم أن المنظومة -وعلى المقياس الحساب الرياضى- تتسم بالفوضوية فلا يعنى هذا سوى أنه ليس فى استطاعتنا أن نتنبأ بدقة أين سيكون الموقع المضبوط للأرض بعد بضعة مئات من ملايين السنين فى المستقبل (أو حتى أين كان موضعها فى الماضى). والأرجح -على أية حال أن تظل الأرض وبقية الكواكب فى ذات مداراتها شبه دائرية وأبعادها عن الشمس للبضعة القادمة من بلايين السنين.

ويؤكد هذه التوقعات ويوثقها استدلالات من استقرار السجل التاريخى الجيولوجى للأرض. فمثلما رأينا فيما سبق. استمر تواجد الماء الجارى الذى ظل يحت فى الصخور ويراكم الترسيبات على امتداد أربعة بلايين سنة خلت، وهو ما يشير إلى أن الأرض لم (تتجول) بعيداً عن مدارها الراهن.

على أية حال، فإن الشمس ستبلغ فى خاتمة المطاف المنتهى الأقصى، وشأنها شأن محطة للقوى نفد فيها الوقود، ستغلق أبوابها (ولكن فى أسلوب أكثر درامية وإن

يكن أكثر بطءًا على الأقل فى مراحله الابتدائية) وإذ يستهلك الهيدروجين فى باطنها، وتتوقف عملية الاندماج إلى هليوم ستبدأ الشمس فى الانهيار مع خمود نيرانها.

ومع تعاظم الضغط داخلها كنتيجة لهذا الانهيار، سترتفع درجة الحرارة بما يكفى لبدء دورة جديدة من الاندماج النووى، يدخل فيها الهيليوم، وستنتفخ الشمس لتصبح عملاقًا أحمر، وتتمدد حتى تبتلع عطارد فى خلال بضعة ملايين من الأعوام، وستكون على أية حال قد فقدت ربما ربع كتلتها فى هذه العملية، بحيث قد تبدأ الزهرة والأرض وبقية الكواكب فى الانسحاب بعيداً عن ذلك العملاق المحتضر إذ تتراخى عنها قبضته الجذبوية وتضعف. وستتقلص الشمس حجمًا مرة ثانية عندما تستهلك وقودها من الهليوم، وتخمد نيرانها مرة أخرى، وكرة أخرى سيزيد الضغط المتعاظم بالداخل بحيث يعيد إشعال الأتون النووى، وتنتفخ الشمس كالبالون بحيث تبلغ مدار الزهرة الحالى مع دخول الشمس فى طور العملاق الأحمر مرة ثانية.

عند ذلك الوقت ستكون الشمس قد فقدت ثلث كتلتها. ولعل الزهرة ستتراجع منسحبة بعيداً عن الشمس الواهنة عندئذ. ولا يتيسر لنا أن نتخيل كيف ستكون الأحوال على الأرض، فسيكون للشمس عشرة أمثال حجمها وستكون أكثر سطوعًا بمقدار ألفى ضعف، وستحتل مساحة محسوسة من السماء.

لقد تخيل هـ. ج. ويلز (١٨٦٦-١٩٤٦) منذ مائة عام فى كتابه "آلة الزمن" (١٨٩٥)، مسافراً عبر الزمان إلى المستقبل البعيد، قد استقر به المقام على ساحل مقفر، فطالع منظرا للمحيط "وقد غدا داميًا تحت مشهد من غروب شمس لا ينتهى، وقد أصبحت القبة الشمسية الحارة الحمراء الضخمة تحتل نحو عشر مساحة السماوات المكفهرة".

وستعقب مرحلة العملاق الأحمر هذه كوارث أخرى. ستلفظ الشمس بعيداً معظم مادتها، وتؤول فى نهاية الأمر إلى "قزم أبيض" له حجم الأرض، بعد أن تكون قوى

الجاذبية الضاغطة المثابرة قد ربحت أخيراً معركتها التى استدامت لعشرة بلايين سنة ضد قوى التمدد الناجمة عن الحرارة - بعد طول عناد - وبعد هذه السلسلة من التقلبات العنيفة لن يتبقى الكثير من المنظومة الشمسية، فستكون الكواكب الداخلية المعهودة: الزهرة والأرض والمريخ بما لها من تنوع بديع، قد انصهرت أو ازدرتها الشمس. لن يعود هناك نجوم صباح أو مساء متلألئة ولا فجر ندىّ، ولا أيام صيف تمضى فى تكاسل، أو شتاءات ذات جليد، ولا مشاهد غروب شمس محمر من جراء الفورانات البركانية الهائلة، ولا أقمار حصاد.. ولا شعر:

هذه الأبراج التى تكللها السحب، وهذه القصور المنيفة،

وتلك المحاريب الجليلة، بل وكرتنا الأرضية العظيمة ذاتها،

أجل، بكل ما توارثته، سوف تذوب،

ومثلما ارفضّ حفلنا المتواضع هذا،

ستتوارى دون أن تخلف وراءها أثرًا ما.(٢٦)(*)

أما المشترى العملاق وأقماره، وزحل بحلقاته البديعة، وأورانوس الأخضر، ونبتون ذو الزرقة " فستطهى" كلها وتؤول إلى مادة متفحمة بينما يلفظ العملاق الأحمر المنتفخ ما يحويه من مواد فى الفضاء، مثلما يبعثر ثرى متهوس ثرواته هباءً.

وسيوفر هذا مادة غنية بالكربون والأكسجين وبضعة عناصر أخرى أثقل من نتاج أتون شمسنا النووى، لتكون نجومًا جديدة. لقد تكونت العناصر المكونة لأبداننا فى نجم ما وسينتهى بها المطاف فى نجم آخر فى أكبر عملية (إعادة تدوير) على أعظم مقياس.

(*) هذا المقطع مقتبس من مسرحية شكسبير (العاصفة) - المشهد الأول من الفصل الرابع.

وما هو مشهود هنا هو أن علومنا الفيزيائية يمكنها أن تتنبأ - وبدرجة عالية من اليقين- أن هذه الأحداث ستقع بعد أربعة أو خمسة بلايين سنة مستقبلاً. على أن التنبؤ بالاقتصاديات - ومعها أغلب الشئون البشرية - أكثر صعوبة وسوءًا. إن ارتفاع الأسعار فى أسواق الأوراق المالية وهبوطها على المقياس الشهرى يعود إلى عوامل أكثر إبهاما وغموضا فى فهمها من فهم تاريخ الشمس. وما يمكن للمرء أن يقول عن العلوم السياسية التى أخفقت فى التنبؤ بانهيار الاتحاد السوفيتى حتى وقع ذلك الحدث التاريخى الماثل فى أذهاننا.

سيبقى الكون ماضيًا فى سبيله، لا يلقى بالاً إلى الاضطرابات التافهة والمبتذلة الناتجة عن نجم يحتضر أو عن تواجد المنظومة الشمسية والذى لن يتكرر. وسيكون للكون بعد خمسة بلايين سنة فى المستقبل نفس مظهره المعتاد فهو لم يتغير إلا قليلاً نتيجة مولد المنظومة الشمسية من أكثر من عشرة بلايين عام. وستتزايد وفرة الحديد والأكسجين والكربون والذهب والفضة وجميع منظومة العناصر الأخرى قليلاً فى سحب الغاز أو الغبار فى الأذرع اللولبية للمجرة.

والمجموعات النجمية -كما نراها من منظورنا - سيمر وقت طويل قبل أن تعيد تنظيم نفسها لبضعة عشرات الآلاف من السنين تكفى للنجوم القريبة النسبية فقط كى تغير حركتها إلى أشكال جديدة وستختفى منذ أبد بعيد مجموعات الدب الأكبر والثريا والجبار (الصياد) وتابعه (الكلب الأكبر).

إن ذرات معالج الكلمات الذى يكتب هذه الكلمات بل وذرات مشغله نفسه، ربما وجدت نفسها بعد طول التطواف فى تخوم الفضاء الباردة، قد اقتنصتها سحابة جزيئية ثم انجرفت داخل نجم جديد أو لعلها تصبح جزءًا من منظومة كوكبية جديدة.

هامش الباب السادس

(١) هـ. ج ميلوش (١٩٨٩): "الحفر الناجمة عن الرجوم": عملية جيولوجية – مطبوعات جامعة أكسفورد – ص ١٣١ .

(٢) ك. رالينج (١٩٨٢): رحلة تشارلز داروين البحرية (من كتاب عن سيرته الذاتية) – كتب آريال لندن – ص٧٣ .

(٣) د. هـ. إيروين (١٩٩٤): مجلة الطبيعة – المجلد ٣٦٧– ص٢٣١ .

(٤) س. تريمن (١٩٨٦): (عن المجرة والمنظومة الشمسية) بقلم ر. سمولوتشوفسكي وآخرين– مطبوعات جامعة أريزونا – ص٤١٣ .

(٥) ف. كريك (١٩٩٤): (الافتراضية المدهشة): البحث عن المفهوم العلمي للروح – دار سيمون وشوستر – نيويورك – ص٣١٧ .

(٦) أعطى ك. ف. شيبًا، ج. د. ماكوناالد مناقشة نافعة عن أصل الحياة فى مؤلفهما (١٩٩٥): "أصل الحياة فى المنظومة الشمسية" فى مجلة الدراسات السنوية فى علم الأرض والكواكب) – المجلد ٢٣ ص٢١٥ إلى ٢٤٩. أنظر أيضًا كتاب م. إيجين ١٩٩٢): (خطوات صوب الحياة)– مطبوعات جامعة أكسفورد. وهو أفضل ما كتب منذ كتاب جاك مونود (الصدفة والضرورة) (١٩٧٤) أنظر الملحوظة رقم ٢٠ .

(٧) أعطى م. ج. راسيل، أ.ج هال (١٩٩٧) نبذة عن إمكانيات تطور الحياة فى ظل هذه الملابسات فى (مجلة الجمعية الجغرافية بلندن) – المجلد ١٥٤، ص ٣٧٧إلى ٤٠٢، وكذلك ك. هوبر، ج. فاشتر شاوسر (١٩٩٧) فى مجلة العلم –المجلد ٢٧٦، ص ٢٤٥–٢٤٧ .

(٨) كلود – بريستون (١٩٨٨): (واحة فى الفضاء) –دارنورتون، نيويورك– ص٢٦٧ .

(٩) إى. ماير (١٩٩٤): نظريات فى البيولوجيا وعلم الدواء – ص ١٥٠–١٥٤ . انظر أيضا (تقرير عن الكواكب) –المجلد ١٦ (٣)– ص٦ (١٩٩٦). نبذة موثقة عن المناقشات حول الحياة خارج الأرض بقلم س.ج. ديك (١٩٩٦) فى (الكون البيولوجى) – مطبوعات جامعة كمبريدج – ص٥٧٨ .

(١٠) و. ج. بولارد (١٩٧٩): (انتشار الكواكب الشبيهة بالأرض) –العالم الأمريكى– المجلد ٦٧، ص ٦٥٤ .

(١١) يمكن العثور على أفضل المناقشات فى (البحث عن الحياة فى المريخ) بقلم هـ. س. ف. كوبر (١٩٧٩) - دار هولت، رينهارت ووينستون - نيويورك، ص٢٥٤ . انظر أيضًا الملحوظة رقم (٩). والرسم الكاريكاتيرى فى النيويوركر (١٩٧٧) المجلد ٥٣ العدد الأول - ص٢٧ .

(١٢) ك. رالينج (١٩٨٢): رحلة تشارلز داروين البحرية (من كتاباته عن سيرته الذاتية)- دار كتب (آريال) لندن- ص١٣٩ .

(١٣) ر. داوكينز(١٩٨٧): صانع الساعات الأعمى- دار نورتون - لندن - ص ٥-٦

(١٤) س. ج. جولد (١٩٩١): (جياه ممتعة): بورجيس شيل وطبيعة التاريخ - دار لنجتوتن، لندن -ص ٣٤٧ .

(١٥) ر. داوكينز (١٩٨٧): صانع الساعات الأعمى - دار نورتون، لندن- ص٩ . وهناك مناقشات ممتدة عن تطور العين البشرية وغير ذلك بقلم ر. داوكينز فى الفصل الخامس من عمله (تسلق قمة المستحيل) - دار فايكنج بنجوين -لندن.

(١٦) وليام شكسبير (١٦١١-١٦١٢) : (العاصفة) - المشهد الثانى من الفصل الأول.

(١٧) نوقش "المبدأ الإنسانى" باستفاضة فى كتاب (المبدأ الإنسانى الكونى) بقلم ج. د. بارو، ف.ج. تيبلر- مطبوعات جامعة أكسفورد - ص٧٠٦ .

(١٨) وردت القيمة ٣ للنسبة التقريبية ط فى وصف بناء هيكل سليمان بالقدس فى سفر الملوك الأول الأصحاح السابع- الفقرة ٢٣ وفى سفر أخبار الأيام الأول الأصحاح الرابع الفقرة ٢ . وهناك قصة تتردد كثيراً عن مجلس تشريعى (فى الينوى أو أنديانا أو ماساتشوستس) بأمريكا قد اقتنع بقيمة (ط) الواردة بالكتاب المقدس، حتى أنهم حاولوا فى القرن التاسع عشر تمرير قانون على أن قيمة ط هى ٣ (وإن كان لا أساس لصحة هذه القصة) (انظر كتاب ب.بيكمان (١٩٧١) (تاريخ النسبة ط - دار جوليم، بولدر - ص١٧٠ .

(١٩) ب. ك. و. دافيز(١٩٩٢): (عقل الإله) - دار سيمون وشوستر، نيويورك - ص٢٣٢ .

(٢٠) ج. مونود (١٩٧٤): (الصدفة والضرورة) - دار كولينز فونتانا، لندن- ص١٥٤ ، ١٦٧ .

(٢١) تيموثى فيريس: النيويوركر، 14 أبريل ١٩٩٧- ص٣١ .

(٢٢) هـ. بروكس (١٩٧١): (العلوم) المجلد ١٧٤- ص٢١ .

(٢٣) ك. رالينج (١٩٨٢): رحلة تشارلز داروين البحرية (من كتاباته عن سيرته الذاتية- دار كتب آريال- لندن، ص١٣٠ .

(٢٤) س. ر. تيلور (١٩٩٢): (تطور المنظومة الشمسية: منظور جديد) - مطبوعات جامعة كامبريدج - ص، XI، ٣٨، ٢١٥ .

(٢٥) س. ج. بروش (١٩٩٦): تاريخ فيزيائيات الكواكب الحديثة - المجلد الثالث - مطبوعات جامعة كامبريدج - ص٩١ .

(٢٦) وليام شيكسبير (١٦١١-١٦١٢): (العاصفة): المشهد الأول من الفصل الرابع.

المؤلف فى سطور:

كاتب هذا الكتاب **ستيوارت روس تايلور** عالم مرموق فى مجال الكواكب، وهو أستاذ متقاعد وحامل للقب الفخرى بجامعة استراليا الوطنية، وصاحب إسهام شخصى فى المنظومة الشمسية (إذ سمى الكويكب المرقم ٥٦٧٠ باسمه حديثًا) وتتشعب بحوثه لتشمل موضوعات عدة ما بين الكيمياء الجيولوجية والكيمياء الكونية، وأصل القمر والكواكب وتطورها، والتكتايتات وقشرة الأرض القارية، علاوة على اهتماماته الجانبية بالكيمياء التحليلية والعناصر النادرة.

– كان الأستاذ تايلور باحثًا رئيسيا فى رحلات "أبوللو" التابعة لوكالة ناسا، وقد كتب ٢٢٠ ورقة فنية، وستة كتب وتشمل: علوم القمر، وجه النظر ما بعد رحلات أبوللو، القشرة الأرضية القارية.. تركيبها وتطورها (بالاشتراك مع سكوت ماكليلان) وتطور المنظومة الشمسية من منظور حديث .

– الأستاذ/ تايلور عضو شرفى فى العديد من الأكاديميات العلمية، وأستاذ أجنبى مشارك فى أكاديمية الولايات المتحدة الوطنية للعلوم.

– نال العديد من الجوائز منها (ميدالية جولدن شميدت) من الجمعية الجيولوجية الكيميائية، وميدالية ليونارد من جمعية دراسة النيازك، وهو عضو فى مجلس المستشارين لجمعية علوم الكواكب.

– المؤلف متزوج وله ثلاث بنات ويعيش فى كانبرا– وهو عاشق مولع للموسيقى الكلاسيكية وعلى نحو خاص موسيقى "هايدن" و "موتسارت". كما أنه دارس دؤوب للتاريخ. والبستنة هى هوايته التى يزجى فيها أوقات فراغه.

المترجم في سطور:

عاطف يوسف محمود.

- حاصل على درجة البكالوريوس في الهندسة الميكانيكية - جامعة القاهرة في ١٩٦٦ .

- حاصل على درجتي الماجستير (١٩٧٢) والدكتوراه (١٩٧٦) في صناعة الحديد والصلب.له بحوث علمية عديدة باللغات العربية والإنجليزية والروسية نشرت في مجلات عربية وأجنبية.

- حائز على لقب مهندس استشاري من نقابة المهندسين المصرية في مجال دراسات الجدوى وتقييم المشاريع الصناعية.

- يقوم بالترجمة ونشر المقالات العلمية لمجلة العربي الكويتية.

- قام بترجمة كتابي "السفر عبر الزمن في كون آينشتاين"، " مرجع روايات الخيال العلمي" لحساب المركز القومي للترجمة، ويعكف حاليًا على ترجمة كتاب "منظور جديد في كونيات الفيزياء الفلكية".

التصحيح اللغـوى : **أحمد حمودة**
الإشـــراف الفنـــى : **حسن كامل**